

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:  
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA SELECTORA DE HUEVOS  
PARA UNA CAPACIDAD MÍNIMA DE 1500 UNIDADES**

**AUTOR:  
RODRIGO HUMBERTO CARO ENCALADA**

**TUTOR:  
FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA**

**Quito, junio de 2016**

## **Cesión de derechos de autor**

Yo Rodrigo Humberto Caro Encalada, con documento de identificación N° 1715627418, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy/somos autor/es del trabajo de grado/titulación intitulado: “Diseño y simulación de una máquina selectora de huevos para una capacidad mínima de 1500 unidades”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Rodrigo Humberto Caro Encalada

1715627418

Quito, junio de 2016

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de Proyecto Técnico, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA SELECTORA DE HUEVOS PARA UNA CAPACIDAD MÍNIMA DE 1500 UNIDADES realizado por RODRIGO HUMBERTO CARO ENCALADA, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio de 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Fabio', is positioned above a horizontal line.

ING. FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

C.I. 170798216-9

## **Agradecimiento**

A mi director de proyecto, Ing. Fabio Obando por su apoyo y predisposición a brindarme consejos en los momentos más difíciles para la realización de este trabajo.

Finalmente un agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana la cual busca formar profesionales y sobre todo seres humanos en la constante búsqueda del conocimiento y la verdad.

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a mi esposa María Sol y mi hija Valentina, a mis padres Carmen y Rodrigo, a mis hermanos Gastón, Hernán y Aldo, a mi familia, a Diego Enríquez y a mis amigos que siempre han estado y estarán presentes en el cumplimiento de mis metas y objetivos.

## Índice

Introducción .....	1
Capítulo 1 .....	3
Conceptos básicos .....	3
1.1 La gallina y el huevo .....	3
1.2 Estructura del huevo.....	5
1.2.1 La cáscara.....	5
1.2.2 La yema.....	6
1.2.3 El albumen .....	6
1.2.4 Ovoproductos .....	6
1.2.5 Elaboración de ovoproductos .....	7
1.2.6 Tipos de ovoproductos .....	9
1.3 Clasificación del huevo de gallina .....	10
1.3.1 Clasificación por tipo .....	10
1.3.2 Clasificación por grado de calidad.....	11
1.3.3 Muestreo e inspección.....	12
1.3.4 Envase y empackado .....	12
1.3.4.1 Etiquetado .....	13
1.3.5 Usos del huevo de gallina .....	13
1.3.6 Normas de distribución .....	15
1.4 Problemas en la clasificación manual .....	16
1.5 Ensayos de calidad .....	17
1.5.1 Método abanico colorimétrico .....	18
1.5.2 Ovoscopia.....	18
1.5.3 Unidades Haugh .....	19
1.5.4 Medición directa.....	22
1.5.5 Método de solución salina.....	22
1.5.6 Método del pH .....	23
Capítulo 2 .....	25
Análisis y selección de alternativas.....	25
2.1 Método de selección.....	25
2.1.1 Características de la máquina selectora.....	26
2.1.2 Selección de la mejor alternativa .....	35

Capítulo 3.....	36
Diseño y simulación de componentes .....	36
3.1 Criterios de diseño.....	36
3.2 Cálculo de transmisión.....	36
3.2.1 Selección de motor .....	37
3.2.2 Cálculo de diámetros de las poleas .....	37
3.2.3 Selección de sección de correa.....	37
3.2.4 Distancia entre centros provisional .....	38
3.2.5 Longitud primitiva de correa.....	38
3.2.6 Longitud nominal de correa .....	39
3.2.7 Distancia entre centros definitiva.....	39
3.3 Diseño de eje principal de transmisión .....	40
3.4 Diseño de la placa móvil .....	42
3.4.1 Simulación de la placa móvil .....	44
3.5 Diseño de placa fija.....	45
3.5.1 Simulación de la placa fija .....	47
3.6 Diseño de cucharilla .....	48
3.6.1 Deflexión de cucharilla .....	49
3.6.2 Simulación de deflexión en cucharilla .....	50
3.7 Diseño de la base de estructura .....	52
3.7.1 Diseño de perfil de la base .....	52
3.7.1.1 Simulación de la base de estructura.....	53
3.7.2 Diseño de barra de apoyo base.....	55
3.7.2.1 Simulación de barra de apoyo base.....	57
3.8 Cálculo de varilla sostén .....	60
Capítulo 4.....	63
Presupuesto general.....	63
4.1 Costo de materiales, insumos y mano de obra .....	63
4.2 Costo final del proyecto .....	65
Conclusiones .....	66
Recomendaciones.....	67
Referencias.....	68

## Índice de tablas

Tabla 1. ....	4
Tabla 2.....	9
Tabla 3.....	10
Tabla 4.....	11
Tabla 5.....	14
Tabla 6.....	18
Tabla 7.....	21
Tabla 8.....	23
Tabla 9.....	24
Tabla 10.....	32
Tabla 11.....	33
Tabla 12.....	33
Tabla 13.....	34
Tabla 14.....	39
Tabla 15.....	43
Tabla 16.....	44
Tabla 17.....	45
Tabla 18.....	47
Tabla 19.....	48
Tabla 20.....	50
Tabla 21.....	51
Tabla 22.....	51
Tabla 23.....	55
Tabla 24.....	58
Tabla 25.....	59
Tabla 26.....	60
Tabla 27.....	63
Tabla 28.....	65



## Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de obtención de huevo líquido .....	7
Figura 2: Sistema gráfico: Porcentajes reales de las barras tamaño relativo .....	13
Figura 3: Prueba de luminosidad de la cáscara del huevo. ....	19
Figura 4: Grado de frescura .....	20
Figura 5: Calibrador midiendo UH .....	20
Figura 6: Clasificadora de huevos Moba – Prima 2000 .....	27
Figura 7: Clasificadora de huevos mecánica RYM-20 .....	29
Figura 8: Sistema rotativo de clasificación .....	30
Figura 9: Elección de sección de correa.....	38
Figura 10: Propiedades físicas de estructura móvil.....	41
Figura 11: Factor <b><i>k</i>1</b> para deflexión máxima .....	42
Figura 12: Deflexión de placa móvil.....	44
Figura 13: Resultado del componente: Esfuerzo .....	45
Figura 14: Esquema de placa fija .....	46
Figura 15: Deflexión de placa fija.....	47
Figura 16: Resultado del componente: Esfuerzo .....	48
Figura 17: Deflexión en vigas por superposición .....	49
Figura 18: Deflexión de cucharilla.....	50
Figura 19: Resultado del componente: Esfuerzo .....	51
Figura 20: Momento máximo de perfil base .....	54
Figura 21: Dimensiones de perfil base.....	54
Figura 22: Esquema de soporte de mesa .....	56
Figura 23: Con el software MD Solids se encuentra el momento máximo .....	57
Figura 24: Dimensiones de sección de pie base.....	58
Figura 25: Esfuerzo máximo de barra de apoyo .....	59
Figura 26: Esquema varilla sostén .....	60

## **Índice de anexos**

Anexo 1. Reductor de velocidad .....	70
Anexo 2. Motores monofásicos.....	71
Anexo 3. Perfiles estructurales canales “U” .....	72
Anexo 4. Tubo mecánico redondo .....	73
Anexo 5. Perfiles laminados-Varilla redonda lisa.....	74
Anexo 6. Salarios mínimos por ley .....	75
Anexo 7. Ángulos “L” doblado.....	76

## **Resumen**

El proyecto que se presenta a continuación se enfoca en diseñar y simular una selectora de huevos mediante un sistema mecánico de balanzas rotativo el cual tiene como principal objetivo clasificar 1500 unidades aleatoriamente en 5 diferentes clases bajo la normativa local y que satisfaga las necesidades del pequeño y mediano avicultor como productor y principal beneficiario y posteriormente al cliente como consumidor final del producto dentro del Ecuador.

El diseño se enfocará principalmente en la estructura de la máquina que soportará los sistemas de clasificación que también serán diseñados en base a modelos y patentes ya probadas y la simulación de algunos componentes servirán como soporte de ciertos datos para el diseño y como comprobación del mismo mediante programas informáticos libres especiales para cálculo estructural y de diseño paramétrico.

Este trabajo constará de una etapa de análisis y calificación de alternativas la cual ayudará a elegir el mejor modelo o sistema de clasificación y por ultimo un cuadro donde se mostrarán los costos y materiales usados con los correspondientes planos de dibujo.

**Palabras clave:** Selectora, huevos, simulación, máquina, clasificación.

## **Abstract**

The project presented below focuses on design and simulate an egg grader by a mechanical system of rotating scales which main objective is to classify 1500 randomly units in 5 different classes under local regulations and meets the needs of small and medium poultry farmers as a producer and main beneficiary and subsequently the customer as the final consumer product within Ecuador.

The design will focus mainly on the structure of the machine that will support the classification systems will also be designed based on models and patents already tested and simulation of some components will serve as support of certain data for the design and as a check of the same with free software of structural calculation and parametric design.

This work will consist of a stage of analysis and qualification of alternatives which help you choose the best model or classification system and finally a chart where costs and materials used are displayed with the corresponding drawing sheets.

**Keywords:** Selector, eggs, simulation, machine, classification.

## **Introducción**

El aumento progresivo de las nuevas tecnologías para la producción y comercialización de productos agrícolas en el Ecuador ha sido una tendencia positiva para el país, pero en términos económicos, la apreciación del dólar ha sido un factor determinante a la hora de competir con países vecinos y peor aún el importar estas tecnologías ha sido un gran obstáculo debido a los altos impuestos que se gravan, por lo que solo las industrias con una sólida capacidad adquisitiva tienen acceso a aumentar sus activos, acaparando así gran parte del mercado y dejando a un lado a las pequeñas y medianas empresas.

El Ecuador es un país con una gran riqueza agropecuaria y la distribución de estos productos a las grandes ciudades es el siguiente paso en la cadena por lo que el pequeño y mediano distribuidor tiene la necesidad de mejorar su proceso con métodos y tecnologías nuevas dejando atrás los procedimientos antiguos donde actualmente son ineficientes y no logran satisfacer el mercado en su totalidad.

Dentro del sector avícola, se ha encontrado un punto clave donde se tiene que trabajar más para la correcta distribución de los ovoproductos y es el de la clasificación manual la cual lleva una serie de imprecisiones a la hora de elegir el tamaño adecuado dentro del rango de peso que el cliente consume por lo que una selección automática es necesaria para realizar esta tarea y por ende el motivo del presente estudio.

En el mercado existen varias máquinas que ofrecen mejorar la capacidad productiva para la clasificación, manejo y distribución del huevo de gallina pero lo más común es encontrar para volúmenes grandes que manejan las grandes empresas y que pasarían la capacidad innecesariamente de un pequeño y mediano distribuidor, por lo que es necesario diseñar un sistema de selección del huevo de gallina por tamaño mediante su peso que sea económico para el pequeño y mediano productor ecuatoriano, que satisfaga la capacidad de clasificación promedio y que utilice materiales y elementos accesibles en el mercado, evitando así, la importación de clasificadoras que existen en otros países de Latinoamérica y Asia.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar y simular una máquina selectora de huevos para una capacidad mínima de 1500 unidades.

### **Objetivos Específicos**

1. Diseñar el sistema de pesaje.
2. Diseñar y simular los elementos principales con la ayuda de programas especializados.
3. Elaborar los planos constructivos que conforman la máquina.

## **Capítulo 1**

### **Conceptos básicos**

#### **1.1 La gallina y el huevo**

En los últimos años en Ecuador el crecimiento de la industria avícola y el aumento de la competencia en este sector promueven cada vez más la crianza de gallinas ponedoras con mejor producción y rendimiento y que satisfaga con el mercado interno.

Los esfuerzos de especialistas en el tema en cuanto a la alimentación y el manejo de los ciclos en la vida de una gallina ponedora son bastos desde hace décadas atrás ya que el objetivo principal es obtener aves con el mejor rendimiento, que ofrezcan los mejores huevos en cuanto a tamaño y cantidad durante su vida productiva junto a que contengan todas las propiedades alimenticias y orgánicas que puedan ofrecer al consumidor final.

Los diferentes estudios han demostrado que para el tamaño y peso de las aves y por ende del huevo son influenciados en mayor o menor medida por la ración y los componentes suministrados en el balanceado (Ortiz García, 2002, p.30).

En Ecuador la actividad de crianza de aves de corral cumple con la función mixta que es la de criar aves ponedoras y aves para el consumo, son situaciones diferentes en muchos de los casos y la mayoría de productores tienen sus propias plantas de clasificación y envasado de huevos y los venden al por mayor para posteriormente la distribución minoritaria en las ciudades.

Existen diferencias en la producción de huevos para la industria y para el consumo casero y esto incide en la forma de clasificación y venta, uno siendo comercializado por peso en kg sin clasificar y el otro por tamaño y cubetas o docenas. Los dos casos tienen prioridades económicas y técnicas de producción para cumplir con el objetivo que es maximizar el tamaño y los llamados kg huevos.

El tamaño del huevo para consumo directo es primordial para obtener mejores ventas, por eso el manejo de la alimentación de las gallinas deben ser adecuados para cumplir con la meta y obtener los tamaños deseados.

Tabla 1.

Diferencias en la producción de huevos destinados al consumo directo y a la fabricación de ovoproductos

	Huevo de mesa	Huevo industrial
Venta de huevos	Por docenas, precio según tamaño	Por kg sin clasificar
<i>Prioridades</i>		
<b>Económicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversión de pienso por docena</li> <li>• Máximo % clases L y XL,</li> <li>• Mínimo % roturas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversión por kg de huevos</li> <li>• Maximizar kg huevos/gallina alojada</li> </ul>
<b>Técnicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño del huevo</li> <li>• Solidez y color de la cáscara</li> <li>• Pigmentación de la yema</li> <li>• Calidad interna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad bacteriológica</li> <li>• % yema y/o albumen</li> <li>• Calidad interna</li> <li>• Pigmentación de la yema (pero distinta)</li> </ul>
<i>Objetivos</i>		
<b>Repercusiones en las técnicas de producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximizar tamaño:</li> <li>• Estirpes semipesadas</li> <li>• Retrasar inicio puesta (estimulación lumínica tardía)</li> <li>• Niveles nutricionales más altos: Energía, Proteína, Linoleico, Ca, P.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximizar kg huevos:</li> <li>• Estirpes ligeras</li> <li>• Adelantar inicio puesta (estimulación precoz, piensos prepuesta)</li> <li>• Mayores niveles de Metionina y Lisina; Mayor proporción de grasas</li> </ul>

Nota: En el cuadro se muestra las diferencias entre la producción para el consumo directo (casero) y el industrial.

Fuente: Instituto de Estudios del Huevo (2002, p. 20)



Cabe recalcar que los huevos demasiado grandes también causan ciertos problemas por la dureza de la cáscara y separación de elementos lo cual resultan menos atractivos para la producción industrial ya que provocan inconvenientes.

Existen factores en la producción como la estirpe de la gallina, la edad, los ciclos de luz, la muda forzada entre otros y secundarios como el ambiente, la limpieza de las instalaciones, el clima, la alimentación y todos estos factores afectan en la composición y las propiedades organolépticas del producto.

## **1.2 Estructura del huevo**

Se sabe que la calidad del huevo depende de factores que están relacionados con su estructura por lo tanto. El huevo está compuesto básicamente de un 31% de yema en la parte más interna y se encuentra rodeada completamente por la clara o albumen con un 58%, estas dos blandas, y las cubre una capa externa dura que es la cáscara ocupando alrededor de un 11% del peso total del huevo. Como se trata de una estructura más compleja de lo que es, en la figura 1 se puede apreciar el resto de componentes que conforman un huevo de gallina.

### **1.2.1 La cáscara**

Es la protección externa de todo el huevo y supone una formación especial para tener un intercambio de oxígeno y dióxido de carbono con el exterior mediante miles de micro poros y al mismo tiempo impedir que microorganismos externos ingresen al interior o tenga contaminación física a causa de materia fecal. Forma un poco más del 10% del peso del huevo y en su mayoría está compuesto de calcio y magnesio.

Además de estos tres principales componentes, el huevo tiene otras características que se nombrarán brevemente a continuación:

Las membranas (testáceas) internas y externas resultan las barreras más eficaces de protección del huevo contra los microorganismos y solo en excepciones logran traspasarlas. Además de estas membranas se pueden nombrar a la cámara de aire, a las chalazas que funcionan como sujeción y equilibrio a la clara y por ende a la yema dentro del huevo, la cutícula, la membrana vitelina entre las partes más importantes.

### **1.2.2 La yema**

Compone un poco más del 30% del huevo y se constituye por múltiples capas que se gestan desde el periodo embrionario, juvenil hasta el periodo fértil que es la fase más rápida de formación antes de que la gallina empiece a ovular. Se compone de varios elementos entre ellos minerales, proteínas, ácidos grasos como los carotenoides que dan el color característico amarillo-naranja que depende de la estirpe de la gallina, alimentación, edad del ave entre otros factores.

### **1.2.3 El albumen**

También conocido como la clara del huevo y ocupa casi un 60% del peso del mismo y su formación dura aproximadamente 8 horas, al igual que la yema tiene 4 capas que lo conforman de las cuales se puede nombrar la capa fina interior fluida, densa, gruesa fluida y capa fina exterior densa. Es una de las partes más importantes del huevo ya que se constituye casi en su totalidad de proteína y minerales.

### **1.2.4 Ovoproductos**

A pesar de que el ecuatoriano consume un promedio de 140 huevos de gallina por año (CONAVE, 2015, p.2) o lo que se conoce en la industria avícola como el huevo cáscara, existe un gran consumo de las partes del huevo o los llamados ovoproductos por separado por las grandes empresas que solo necesitan el contenido en su gran mayoría la yema y/o la clara.

La definición de un ovoproducto es a cualquier producto (diferentes componentes y sus mezclas) obtenido a partir del huevo entero al cual se le ha desprovisto previamente la cáscara y sus membranas y que están destinados al consumo humano; se pueden complementar con aditivos o productos alimenticios extra y los cuales finalmente pueden comercializarse en diferentes estados ya sea líquido, congelado, coagulado, entre otros y sometidos a un tratamiento de pasteurización.

Los ovoproductos tienen entre otras ventajas las enlistadas a continuación:

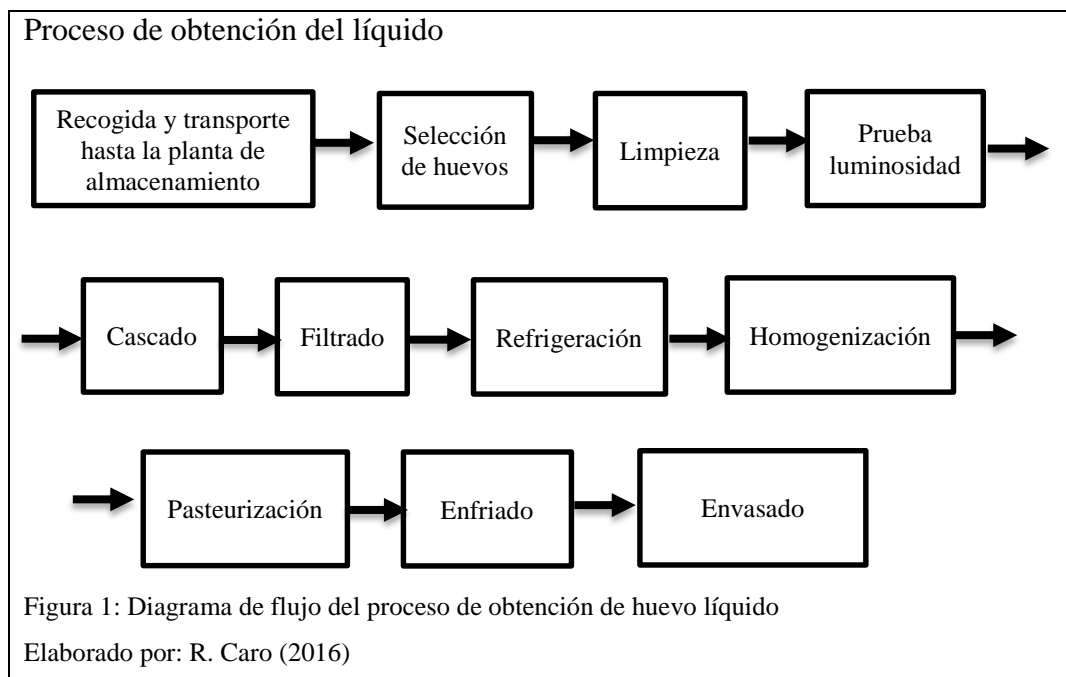
- Fácil limpieza
- No necesita equipo especial

- Buena calidad nutricional
- Económicos
- Fácil empleo y almacenamiento
- Mínima cantidad de residuos
- Reducción de costos en transporte, manejo, uso, etc.
- Seguridad microbiológica

### 1.2.5 Elaboración de ovoproductos

Para la obtención de ovoproductos se requieren algunos procesos en los cuales se deben tener los más exigentes cuidados higiénicos y técnicos puesto que el huevo de gallina posee un elevado riesgo de contaminación microbiológica y bacteriana por lo cual su manipulación debe respetar estándares adecuados de sanitización y pasterización.

Varios productos se obtienen a partir del huevo entero y los más importantes se explicarán nombrando algunos procesos básicos para su obtención y manejo. Como se puede ver en el diagrama de flujo el proceso empieza con una recogida inmediata después de la ovoposición e incluso ya debe ser sometido a tratamientos de temperatura para mantener la frescura además que ayuda a la separación entre yema y albumen si la temperatura es más baja.



La selección de huevos consiste en clasificar a los más aptos para ser procesados posteriormente, el criterio viene dado por normas o simple inspección visual y no necesariamente clasificación por tamaño; como es predecible aquel huevo es clasificado tiene un precio más alto pero corre menos riesgos al ingresar al proceso.

Para el proceso de obtención de ovoproduitos (no así para el huevo entero) la limpieza es determinante y pertinente y consiste en el lavado con agua a cierta temperatura, desinfectantes y detergentes alrededor de todo el huevo, un enjuague apropiado y el debido secado antes de entrar al proceso del cascado.

El examen a trasluz o prueba de luminosidad consiste en revisar el interior del huevo mediante una luz fluorescente, manchas de sangre, roturas o fisuras de la cáscara o anomalías que se encuentran en un huevo.

El cascado no es más que el proceso de rotura de la cáscara mediante máquinas automatizadas para separar de esta la yema y la clara o en algunos casos obteniendo el huevo líquido (clara mezclada con yema). Es importante en este punto que la proliferación microbiana sea la más mínima posible.

El proceso de filtrado es muy crítico para dar continuidad al resto de etapas puesto que se eliminan todo tipo de partes de cáscara y/o chalazas y se disminuye el riesgo microbiano.

La refrigeración llega a temperaturas muy bajas cuando no existe un inmediato proceso de pasteurizado.

Previo a la pasteurización pasa por un homogenizado para llegar a condiciones adecuadas de pasteurizado que es un tratamiento obligatorio en cualquier ámbito donde se eliminan toda clase de bacterias, microbios como la salmonella que es la que más prolifera en las heces del ave. La pasteurización tiene tratamientos específicos que la FDA aprueba agregando ciertas sustancias permitidas como sal, azúcar, entre otras para mantener las propiedades funcionales del huevo. Los equipos más utilizados para este proceso son intercambiadores de calor de tubos o placas que alcanzan temperaturas adecuadas.

El siguiente paso es el enfriado del producto y con este el envasado que es el fin del proceso. Los envases más usados pueden ser desde bolsas, envases de plástico o acero de uso alimenticio para alargar más la vida útil del producto.

### 1.2.6 Tipos de ovoproductos

La NTE INEN 1973 especifica que los ovoproductos se clasifican en huevo líquido y huevo en polvo (deshidratado o desecado) pero hay una gama mucho más amplia que la clasifica la Comisión Internacional del Huevo o IEC por sus siglas en inglés:

Tabla 2.

Clasificación de ovoproductos

Por sus componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primarios (Líquidos): Huevo entero, yema, clara, y mezclas diversas.</li> <li>• Secos: Concentrados (20-25% de humedad) o deshidratados (3-5% de humedad).</li> <li>• Compuestos: Incorporan otros ingredientes distintos, pero los procedentes del huevo han de suponer un 50% como mínimo.</li> </ul>
Por su forma física y tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líquidos frescos/refrigerados, pasteurizados o no pasteurizados.</li> <li>• Líquidos concentrados, pasteurizados o no pasteurizados.</li> <li>• Congelados (normalmente ultra congelados).</li> </ul>
Por su modo de empleo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingredientes. Utilizados como materias primas para elaborar otros alimentos (PAI) o determinados productos industriales.</li> <li>• Productos de valor añadido. Preparados precocinados en los que el huevo es ingrediente exclusivo o principal.</li> <li>• Componentes aislados separados por fraccionamiento de la yema o de la clara.</li> </ul>
Por la duración de su vida comercial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corta: Ovoproductos líquidos pasteurizados convencionalmente (5-12 días, según sea la temperatura de refrigeración).</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intermedia: Líquidos ultra pasteurizados (4-6 semanas) y concentrados (varios meses, a temperatura ambiente).</li> <li>• Larga: Ovoproductos desecados y congelados (hasta 1 año). Desecados o deshidratados, ya sea por calor o por liofilización</li> </ul>
--	--

Nota: Los ovoproductos pueden clasificarse por 4 principales criterios como se puede ver en la tabla.

Elaborado por: R. Caro (2016)

### 1.3 Clasificación del huevo de gallina

La clasificación según las normas nacionales e internacionales están dadas por su masa y por su calidad, se dará énfasis durante el presente trabajo a la clasificación por tamaño ya que es lo que interesa y solo una breve explicación de la clasificación en cuanto a la calidad se refiere.

#### 1.3.1 Clasificación por tipo

Según la norma INEN encargada de regular los límites de tamaño dependiendo de la masa del huevo se obtienen 7 tipos (tamaños) diferentes pero para fines constructivos y dada la experiencia en clasificación manual, los pesos límites con los que se construirá la máquina serán solo 5 y serán especificados a su momento.

Tabla 3.

Clasificación de los huevos frescos de gallina por su masa (peso) unitaria, masa por docena y por 30 unidades en gramos.

Tipo (tamaño)	Masa unitaria en g		Masa por docena en g		Masa por 30 huevos en g	
	Mínimo (≥)	Máximo (<)	Mínimo (≥)	Máximo (<)	Mínimo (≥)	Máximo (<)
I Supergigante	76	---	912	---	2280	---
II Gigante	70	76	840	912	2100	2280
III Extragrande	64	70	768	840	1920	2100
IV Grande	58	64	696	768	1740	1920
V Mediano	50	58	600	696	1500	1740
VI Pequeño	46	50	552	600	1380	1500
VII Inicial	---	46	---	552	---	1380

Nota: Se admite una tolerancia máxima de +/- 1 gramo por huevo para todos los tipos o tamaños de huevos. Se considera fuera de norma cuando el peso de una docena o de 30 huevos no cumple con el estándar referido en la tabla 3.

Fuente: NTE INEN 1973 (2013, p. 2)

### 1.3.2 Clasificación por grado de calidad

En la siguiente tabla se encontrará una clasificación del huevo de gallina de acuerdo al grado de calidad, es necesario decir que pueden existir huevos que no estén aptos para el consumo directo pero pueden ser destinados para actividades de tipo industrial como panaderías, repostería, preparación de comidas entre otras que más adelante se ampliará en los usos del huevo completo y de los ovoproductos.

Tabla 4.

Clasificación del huevo fresco de gallina de acuerdo a su grado de calidad

	<b>Grado A</b>	<b>Grado B</b>
Cascarón y cutícula	Normal, intacta, limpia	Normal e intacta, manchas mínimas no propias del producto
Cámara de aire	Su altura excederá del 9 mm, inmóvil.	Transparente, limpia, de consistencia gelatinosa. Se admiten manchas de sangre y/o carne hasta 3 mm.
Clara	Transparente, limpia de consistencia gelatinosa, exenta de cuerpos extraños.	Transparente, limpia, de consistencia gelatinosa. Se admiten manchas de sangre y/o carne hasta 3 mm.
Yema	Visible al trasluz, bajo forma de sombra solamente, sin contorno aparente, no separándose sensiblemente de la posición central en caso de rotación del huevo. Exenta de cuerpos extraños.	Visible al trasluz, bajo forma de sombra solamente, pequeña separación en caso de rotación del huevo. Se admiten manchas de sangre y/o carne hasta 3 mm.
Olor y sabor	Exento de olores y sabores extraños.	Exento de olores y sabores extraños.

Nota: en los grados de calidad señalados en la tabla 4 (grado A y grado B), se admite una tolerancia máxima de defectos de 10% del grado B en huevos de grado A.

Fuente: NTE INEN 1973 (2013, p. 3)

### **1.3.3 Muestreo e inspección**

Para poder aceptar los lotes del huevo recogido en planta se debe acatar pequeñas indicaciones; para efectuar un muestreo del producto en planta hay que tomar como unidad a todo el envase contenedor y no solo al huevo unitario.

Para certificar un lote específico se debe considerar un plan de muestra entre el productor y el cliente o distribuidor basándose en la norma NTE INEN 2859-1 (Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote).

Para aprobar o rechazar un lote, la muestra ensayada no debe cumplir con uno o más requisitos microbiológicos que se indican en la NTE INEN 1973, se pueden hacer varios ensayos a la muestra para asegurar o rechazar al lote y que más adelante se enumerarán las diferentes pruebas de calidad que se exige.

Cuando los huevos no pueden ser comercializados para el consumo directo (huevo entero), en la industria se los puede usar como materia prima excepto los huevos que no sean aptos como ya se ha explicado anteriormente.

### **1.3.4 Envase y empacado**

Previamente las instalaciones en el que se almacena y se empaca el producto debe ser un ambiente propicio donde exista la higiene adecuada junto a los recipientes totalmente desinfectados. Se exige que separe los productos no aptos en envases igualmente propicios y en sitios específicos manteniendo el orden.

Una vez satisfechas estas condiciones los huevos deben ser dispuestos de manera vertical en cajas o recipientes de plástico o cartón donde se permita una ventilación, temperatura y humedad adecuadas manteniendo siempre la higiene del producto y sobre todo donde no se ve afectado físicamente.

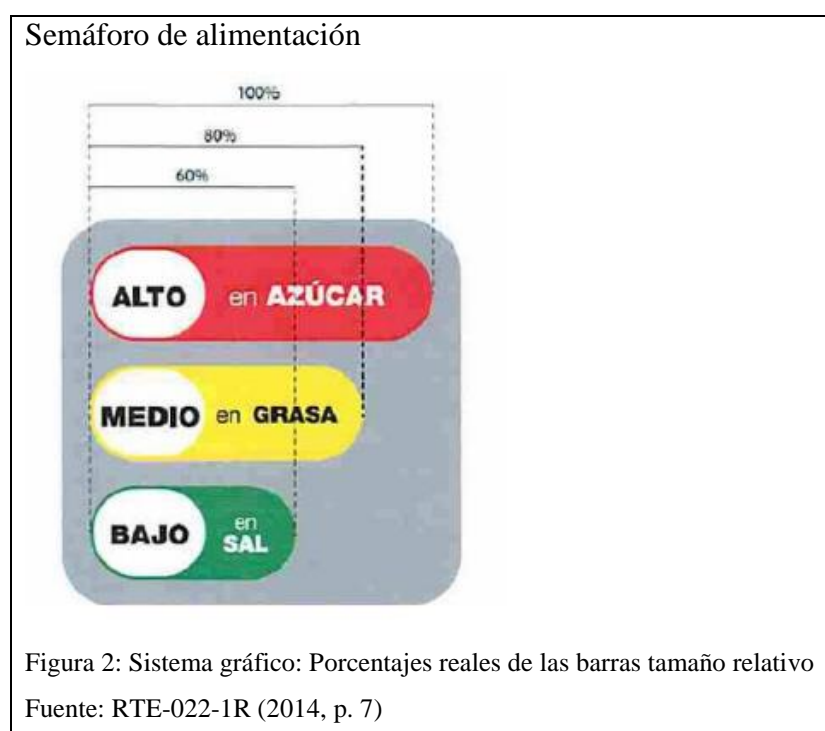
En el caso del huevo líquido (entero sin cáscara) y de ovoproductos que previamente fueron puestos en refrigeración, deben ser empacados herméticamente.



El transporte para la distribución debe ser en vehículos apropiados que mantengan la temperatura de conservación y no dañen al huevo ni a los empaques.

#### 1.3.4.1 Etiquetado

En la distribución informal de huevos de gallina (y huevos de otras especies aviares que puede consumir el ser humano) no se cumple con rigurosidad este último paso ya que incurre en gastos y por ende menos rentabilidad para el distribuidor. A diferencia de las grandes empresas que tienen más capacidad de venta, el etiquetado o rotulado del producto es una obligación y cada producto debe constar el tipo de huevo que viene en el envase ya sea refrigerado, congelado, desecado o a su defecto si es en polvo, aparte de las indicaciones que consten en el reglamento RTE INEN 022 como el sistema gráfico de colores (semáforo alimenticio), el contenido de componentes y concentraciones permitidas, la fechas, etc.



#### 1.3.5 Usos del huevo de gallina

El huevo de gallina tiene muchos usos tanto alimenticios como no alimenticios debido a sus diversas propiedades, a continuación se mostrará un cuadro donde se enlistan algunas aplicaciones según las propiedades características de los huevos.

Claramente se puede apreciar más usos y aplicaciones del huevo y/u ovoproducto, entendiéndose como cada uno de los componentes y partes del huevo para aplicaciones alimenticias haciendo uso de sus bondades sobre todo proteínicas. Por otro lado también se obtienen usos no alimenticios y que son menos conocidos pero que igual tienen alta relevancia a nivel de la industria bioquímica, nutricionista y tecnológica, ocupándose de la extracción, uso y aplicación de enzimas, proteínas, minerales entre otras varias más que se puede extender en otro estudio más específico.

Tabla 5.

Propiedades y usos alimenticios del huevo

<b>Propiedad</b>	<b>Aplicaciones</b>
Adhesiva	Barras dietéticas, variedades de pan, aperitivos.
Aglutinante	Aperitivos, productos cárnicos, embutidos.
Aromatizante	Natillas, golosinas.
Clarificante	Vinos y zumos.
Coagulante	Tortas y glaseados, flanes, pudines, natillas, surimi.
Colorante	Panadería y pastelería, pasta, flan y natillas.
Emulsionante	Aderezos para ensaladas, salsas.
Espesante	Salsas, alimentos preparados
Espumante	Merengues, mousses, soufflés, espumillas y productos horneados
Humectante	Retiene humedad de alimentos y alarga su vida útil. Panes, rollos
Impermeable	Masas congeladas, panadería
Neutraliza	Estabiliza las fórmulas y su Ph
Rebozado	Alimentos horneados, aperitivos
Suavizante	Panes blandos

Nota: Claramente se aprecian más usos y aplicaciones del huevo y/u ovoproducto, entendiéndose como cada uno de los componentes y partes del huevo para aplicaciones alimenticias haciendo uso de sus bondades proteínicas. Por otro lado también se obtienen usos no alimenticios y que son menos conocidos pero que vale la pena ser mencionados.

Elaborado por: R. Caro (2016)

**Absorbente de metales pesados.** Para el tratamiento de aguas residuales la cáscara del huevo sería utilizada para separar la materia suspendida en los fluidos como líquidos y gases atrapando en sus miles de poros metales pesados formando capas gaseosas o líquidas que están constituidas por moléculas de la sustancia a separar.

**Captadores de hidrógeno.** Debido a las grandes cantidades de carbonato de calcio que es un elemento altamente absorbente, la cáscara de huevo vuelve a cumplir otra función que es la de absorber el dióxido de carbono para generar hidrogeno puro y posteriormente tener energía. Mediante ciertos procesos químicos, se obtiene óxido de calcio y este tiene la propiedad de absorber cualquier gas ácido ayudando a separar el dióxido de carbono del hidrogeno.

**Encefalopatía hepática.** La cáscara del huevo con la mezcla de lactosuero bajo ciertas condiciones forman la lactulosa que es un producto sintético usado en tratamientos del estreñimiento y encefalopatía hepática, la ventaja de usar este proceso natural es que es menos invasivo para la salud puesto que no tiene sustancias químicas procesadas previamente en laboratorios.

**Jardinería.** Nuevamente la cáscara del huevo es usada como fertilizante en el desarrollo de plantaciones gracias a los altos contenidos de calcio el cual es nutriente básico para este proceso. Del mismo modo la cáscara es usada como semillero y se puede plantar directamente dentro de la cáscara para posteriormente ser plantadas en macetas o en el suelo.

**Alimento de mascotas.** El huevo es usado para alimentar a animales de laboratorio cuando se requiere una referencia de proteínas, las yemas y las claras se utilizan en el balanceado para mascotas.

Además de las aplicaciones expuestas se tienen otras como aplicaciones médicas como en la inmunología, hepatología o sonda de genes, tanto la clara como la yema son excelentes medios de cultivo para el crecimiento de microorganismos de laboratorio entre muchas otras aunque estas aun no representan una realidad comercial.

### **1.3.6 Normas de distribución**

Existe un reglamento básico de distribución al por mayor y menor del huevo entero y los ovoproductos que está normado en Ecuador por la INEN en unos cortos

párrafos donde se indican breves disposiciones para el manejo, comercialización y distribución y constan de las condiciones básicas de transporte.

Estas normas de comercialización de huevos tuvieron una reciente revisión que no se hacía desde el anterior siglo en donde se aplican varias modificaciones acordes con normas, estudios y publicaciones internacionales donde sugieren respetar varios aspectos como el criterio de calidad y clasificación por tamaño, frescura o frecuencia de recolección y distribución del huevo entre otros como la alimentación, formas de producción o embalaje entre otros.

Hay disposiciones generales en cuanto a la prohibición de comercializar huevos y ovoproductos que se enumerarán a continuación:

- Que tengan signos de putrefacción.
- Manchas internas de sangre mayores a 3 mm.
- Embriones en pleno desarrollo.
- Con moho, levaduras, bacterias, parásitos e insectos.
- Cualquier cuerpo extraño.

Además de estas indicaciones tampoco pueden comercializarse huevos que contengan residuos de plaguicidas, residuos de medicamentos veterinarios, desinfectantes en cantidades no permitidas ni aditivos alimenticios que no sean considerados por norma.

#### **1.4 Problemas en la clasificación manual**

La mayoría de empresas artesanales, pequeñas y medianas empresas que tienen procesos de alimentación, recolección, limpieza clasificación y/o distribución de huevos de gallina u otra ave que existen en este país sufren varios problemas al no contar con sistemas automatizados o mecánicos que ayuden con estos procesos.

A continuación se hace un breve análisis de los inconvenientes más comunes que tienen estos sectores de la industria y que luchan constantemente contra las empresas grandes que controlan un gran nicho de mercado.

**Poca precisión.** Al realizar manualmente la selección de huevos por su tamaño, según la experiencia que tenga el operario, se producen constantes errores que si bien ahorran tiempo frente al pesaje en una balanza electrónica causa variaciones de cubeta a cubeta y resulta en un producto no homogéneo que recae en el cliente. El porcentaje de este error puede llegar al 20% de un lote lo que indica una alta ineficiencia en la selección.

**Fracturas.** Este inconveniente se arrastra desde la inadecuada recolección en la puesta y esto puede empeorar cuando la gallina es madura y empieza a poner huevos con cáscara más delgada. Existen otros factores como el transporte del huevo a las balanzas y/o grameras o a la selección del huevo por peso, eso hace que esta manipulación diaria y continua maltrate a la superficie del producto ocasionando roturas, fisuras y echando a perder unidades.

**Tiempos muertos.** Los excesivos tiempos de selección son provocados por la actividad humana involuntaria también por parte del operario puesto que permanece en posiciones inadecuadas y no ergonómicas lo que a largo plazo o en jornadas extensas de trabajo la constancia y rapidez no es la misma. A eso hay que agregarle que solo puede hacer una actividad a la vez lo que significa que se dejen a un lado otros pasos importantes mientras está seleccionando, apilando cubetas o moviendo las mismas a otra sección.

## **1.5 Ensayos de calidad**

Basándose en los métodos de ensayo que exige en Ecuador la norma NTE INEN 1973 existen varios procedimientos y pruebas con las cuales se pueden probar la calidad del huevo de gallina y así determinar su estado de frescura, grado nutricional, etc.

Los métodos de ensayo mínimos exigidos para la correcta verificación de la calidad del producto consisten en 5 y son los siguientes:

- Método del abanico colorimétrico
- Grado de frescura del huevo
- Método de ovoscopia
- Espesor de cáscara
- Método de soluciones salinas

Tabla 6.

Características físicas del huevo comercial de gallina

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidades	Método de ensayo
Color de la yema	7	12	unidades de color	Abanico colorimétrico para yema
Cámara de aire	---	15	milímetros	Ovoscopía
Grado de frescura	70	110	unidades haugh	Medición de unidades haugh
Espesor de la cáscara	0.28	0.37	milímetros	Medición directa
Gravedad específica	1.074	1.140	---	Solución salina

Nota: En la tabla se pueden ver los parámetros requeridos para que sean aceptados los lotes de prueba según los métodos de ensayo, las unidades en las que se mide y sus valores máximos y mínimos.

Fuente: NTE INEN 1973 (2013, p. 4)

### 1.5.1 Método abanico colorimétrico

Este método consiste en analizar el color de la yema y mediante una escala de colores se puede determinar si el color de la yema es el adecuado. Para llevar a cabo esta prueba se debe escoger aleatoriamente un lote de muestra y marcarlos con algún código para poder identificarlos, previamente se casca al huevo por la mitad sobre una superficie limpia, blanca y lisa para evitar que imperfecciones en la medida, se toma el abanico colorimétrico estandarizado y se compara con el color de la yema más parecido al de la paleta, cabe decir que el patrón de colores debe ser el CIE 1931 que corresponde al *Estándar Colorimetric Observer* o abanico colorimétrico; una vez que se haya encontrado el color que coincida con el de la yema se registrará en una tabla y así para todo el lote, el promedio debe quedar entre los valores de la tabla 6.

Este muestreo debe ser amplio para poder cubrir la variabilidad que propicia dicho método, también existen aparatos que ofrecen una escala de color de una manera digital.

### 1.5.2 Ovoscopia

Este método consiste en visualizar, a través de un ovoscopio, medir la altura de la cámara de aire que posee un huevo. El indicio de frescura de un huevo se basa en

que a mayor altura de la cámara de aire menos fresco es debido a que mediante las porosidades de la cáscara ingresa aire a esta cámara que se ubica en el lado menos puntiagudo o lado “romo” del huevo.

Para realizar la prueba se debe escoger un lote aleatoriamente y marcarlos para su identificación, se coloca el huevo en el ovoscopio y se marca una línea el límite de la membrana que separa la cámara de aire con la albúmina. El siguiente paso es medir con una regleta o calibrador la altura desde la marca señalada hasta el polo menos puntiagudo del huevo y anotarlo en una tabla uno por uno hasta terminar con el lote.

Ovoscopía



Figura 3: Prueba de luminosidad de la cáscara del huevo.

Fuente: Velazco Cáceres & Pinto Salamanca (2012, p. 38)

### 1.5.3 Unidades Haugh

Esta medición de frescura se realiza mediante las Unidades Haugh que no es más que un logaritmo de la altura de la yema en relación a un huevo de 2 onzas a temperatura superiores a 12°C, las cuales se conforman en una escala que va desde el 0 al 110 y donde el menor valor indica menor calidad del huevo por haber pasado bastante tiempo desde la puesta.

## Unidades Haugh

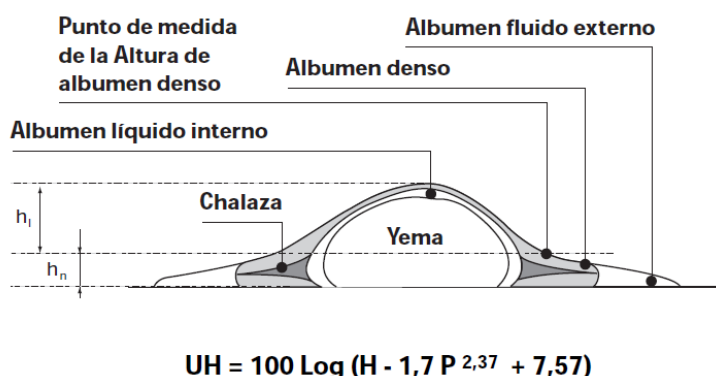


Figura 4: Grado de frescura

Fuente: Instituto de Estudios del Huevo (2002, p. 59)

Donde:

$UH$ = Unidad Haugh

$H$ = Altura (mm) de albumen denso

$P$ = Peso (gr.) del huevo

Los equipos utilizados son balanzas electrónicas de gran sensibilidad y algún calibrador o regla graduada en milímetros para medir la altura del albumen:

## Calibrador



Figura 5: Calibrador midiendo UH

Fuente: Instituto de Estudios del Huevo (2002, p. 59)

El procedimiento de muestreo consiste en elegir un lote aleatorio de huevos y marcarlos para identificarlos en una cámara con temperatura controlada entre los 20 y 22°C que es temperatura ambiente ideal, pesarlos en la balanza uno por uno, cascar el huevo cuidadosamente sobre una superficie limpia, plana y observando que la yema



no se rompa o disperse, a continuación se medirá con el instrumento adecuado la altura de la albúmina entre la yema y el borde interior de la clara densa.

Tabla 7.

Tabla para determinar Unidades Haugh

Altura (mm) \ Peso (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
40	28	46	59	69	77	84	90	95	100	104	108	111	114	117	120
41	27	45	59	69	77	84	89	95	99	104	107	111	114	117	120
42	25	45	58	68	76	83	89	94	99	103	107	111	114	117	120
43	24	44	57	67	76	83	89	94	99	103	107	110	114	117	120
44	22	43	56	67	75	82	88	94	99	103	107	110	114	117	120
45	21	42	56	66	75	82	88	94	98	103	106	110	113	116	119
46	19	41	55	66	74	82	88	93	98	102	106	110	113	116	119
47	18	40	54	65	74	81	87	93	98	102	106	110	113	116	119
48	16	39	54	65	74	81	87	93	98	102	106	109	113	116	119
49	14	38	53	64	73	81	87	92	97	102	106	109	113	116	119
50	13	37	52	64	73	80	86	92	97	101	105	109	113	116	119
51	11	36	52	63	72	80	86	92	97	101	105	109	112	115	118
52	9	35	51	63	72	79	86	92	97	101	105	109	112	115	118
53	7	34	50	62	71	79	86	91	96	101	105	109	112	115	118
54	5	33	50	62	71	79	85	91	96	101	105	108	112	115	118
55	3	32	49	61	71	78	85	91	96	100	104	108	112	115	118
56	1	31	48	60	70	78	85	90	96	100	104	108	111	115	118
57		30	47	60	70	78	84	90	95	100	104	108	111	115	118
58		28	47	59	69	77	84	90	95	100	104	108	111	114	117
59		27	46	59	69	77	84	90	95	99	104	107	111	114	117
60		26	45	58	68	77	83	89	95	99	103	107	111	114	117
61		25	44	58	68	76	83	89	94	99	103	107	111	114	117
62		24	44	57	68	76	83	89	94	99	103	107	111	114	117
63		23	43	57	67	76	83	89	94	99	103	107	110	114	117
64		22	42	56	67	75	82	88	94	98	103	107	110	113	117
65		20	41	56	66	75	82	88	93	98	103	106	110	113	116
66		19	41	55	66	74	82	88	93	98	102	106	110	113	116
67		18	40	55	65	74	81	88	93	98	102	106	110	113	116
68		17	39	54	65	74	81	87	93	98	102	106	110	113	116
69		15	38	53	65	73	81	87	93	97	102	106	109	113	116
70		14	38	53	64	73	80	87	93	97	102	106	109	113	116
71		12	37	52	64	73	80	87	92	97	101	105	109	112	116
72		11	36	52	63	72	80	86	92	97	101	105	109	112	116
73		10	35	51	63	72	80	86	92	97	101	105	109	112	115
74		8	34	51	62	72	79	86	92	96	101	105	109	112	115
75		7	34	50	62	71	79	86	91	96	101	105	109	112	115
76		5	33	49	62	71	79	85	91	96	101	105	108	112	115
77		3	32	49	61	71	78	85	91	96	100	104	108	112	115

Nota: Tabla ya aplicada la fórmula desarrollada para diferentes pesos de huevo

Fuente: NTE INEN 1973 (2013, p. 8)

Se registran los datos en una tabla y se aplica la fórmula de la figura 4 o se utiliza la tabla 7. Se debe repetir este procedimiento con el resto del lote para sacar un promedio y comparar los resultados con los valores de la tabla 7.

#### **1.5.4 Medición directa**

El principio de este experimento es la de medir el espesor de la cáscara del huevo y comparar con los valores establecidos por norma. Es preciso decir que el espesor de la cáscara viene dado según la edad y la estirpe de la gallina y mediante técnicas de iluminación o ciclos ahemerales se consigue un espesor mayor de la cáscara junto con la alimentación que se le dé a la gallina en el balanceado.

Al igual que los anteriores experimentos se debe escoger aleatoriamente un lote para muestreo y se los debe marcar en un orden determinado por el usuario; luego se procede a romper el huevo y ponerlo a secar para desprender las membranas testáceas que si bien su espesor es mínimo la prueba debe ser hecha solo de la cáscara limpia y sin más elementos extras ya sean externos o parte del huevo, tomar una parte de la zona ecuatorial del huevo puesto que es la parte menos gruesa y más factible para medir su espesor y con un micrómetro de espesores realizar la medición y registrar en una tabla. El grosor de la corteza ni de la membrana tiene ninguna relación con el tamaño del huevo (Velazco Cáceres & Pinto Salamanca, 2012, p. 33)

#### **1.5.5 Método de solución salina**

Este método mide la gravedad específica del huevo sumergido en diferentes soluciones salinas y este debe flotar y así se determina la resistencia de la cáscara.

El instrumento principal a usar es el densímetro de laboratorio escalado con medidas de peso específico entre 1.050 y 1.100

La preparación de soluciones salinas debe ser a consideración del usuario puesto a que existen varias respetando la gravedad específica de la tabla 8, y en un vaso de precipitación colocarlas de acuerdo a la variación progresiva de su densidad empezando en un orden ascendente; se debe asegurar que los materiales como el agua a disolverse se encuentren a una misma temperatura.

En otro vaso de precipitación se colocará una muestra de la solución y usando el densímetro se ajustará a la densidad deseada y así con el resto de soluciones hechas.

Se depositan los huevos uno por uno empezando por la solución menos densa o con menos concentración y se deben separar los huevos que floten y registrarlos; si

los huevos siguen hundidos se pasará a la siguiente solución y así sucesivamente hasta llegar a la última solución o en la que los huevos floten. Se puede determinar un porcentaje de huevos de cada solución de peso específico y llevar un registro de los mismos.

Tabla 8.

Forma de preparación de las soluciones salinas para la prueba de la gravedad específica de los huevos

<b>Solución No.</b>	<b>Gravedad específica</b>
1	1,066
2	1,069
3	1,072
4	1,075
5	1,078
6	1,081
7	1,084
8	1,087
9	1,090
10	1,093

Nota: Es necesario mantener el orden en que deben pasar los huevos por cada vaso.

Fuente: NTE INEN 1973 (2013, p. 10)

Existen otros métodos de prueba de la calidad que no se exigen en la norma ecuatoriana y pero a efectos de conocimiento se nombrará uno que es la determinación del indicador del pH.

### **1.5.6 Método del pH**

La medida de este coeficiente es un buen indicador del estado general del huevo puesto que alteraciones significativas de este factor puede ser un indicio de variaciones en la clara o la yema por el envejecimiento dado desde la puesta ya que liberan dióxido de carbono desde el interior del huevo y aumentando su pH.

Hay dos métodos de analizar el pH, uno es el método analítico que consiste en calcular midiendo con un potenciómetro o electrodo de pH que se encuentre calibrado

para este experimento y el otro es el de medir con un papel indicador de pH o llamado pH metro. Este último es el más fácil de realizarlo ya que consiste en cortar trozos de este papel e introducir uno en el albumen y otro en la yema, luego de retirar los excesos se compara el color con una escala patrón.

Tabla 9.

Valores de pH de clara (media aritmética +/- desviación estándar)

Días de almacén	Edad de las gallinas					
	23 semanas		36 semanas		56 semanas	
	T° amb.	T° refrig.	T° amb	T° refrig.	T° amb	T° refrig.
1	8.5+/-0.2 <sup>a</sup>	8.3+/-0.2	8.4+/-0.1 <sup>a</sup>	8.2+/-0.1 <sup>a</sup>	8.5+/-0.4 <sup>a</sup>	8.3+/-0.1 <sup>a</sup>
3	8.5+/-0.2 <sup>a</sup>	8.5+/-0.1 <sup>a</sup>	8.2+/-0.1 <sup>a</sup>	8.6+/-0.1	8.6+/-0.2 <sup>a</sup>	8.5+/-0.2 <sup>a</sup>
5	9.4+/-0.3 <sup>a</sup>	9.4+/-0.2 <sup>a</sup>	9.5+/-0.2 <sup>a</sup>	9.4+/-0.1 <sup>a</sup>	9.5+/-0.1 <sup>a</sup>	9.4+/-0.2 <sup>a</sup>
7	9.4+/-0.2 <sup>a</sup>	9.4+/-0.2 <sup>a</sup>	9.5+/-0.1 <sup>a</sup>	9.6+/-0.1 <sup>a</sup>	9.4+/-0.1 <sup>a</sup>	9.6+/-0.1
14	9.4+/-0.2 <sup>a</sup>	9.5+/-0.2 <sup>a</sup>	9.5+/-0.1 <sup>a</sup>	9.4+/-0.1 <sup>a</sup>	9.4+/-0.1 <sup>a</sup>	9.6+/-0.2 <sup>a</sup>
21	9.9+/-0.2 <sup>a</sup>	9.7+/-0.2	9.8+/-0.2 <sup>a</sup>	9.6+/-0.1 <sup>a</sup>	9.9+/-0.1 <sup>a</sup>	9.7+/-0.1 <sup>a</sup>
28	10.1+/-0.2 <sup>a</sup>	9.9+/-0.2 <sup>a</sup>	10.1+/-0.1 <sup>a</sup>	9.9+/-0.1 <sup>a</sup>	10.1+/-0.1 <sup>a</sup>	10.1+/-0.1 <sup>a</sup>

Nota: superíndices diferentes indican que las medias aritméticas del pH entre los tratamientos de conservación es diferente dentro de cada día de almacenamiento y edad de las gallinas.

Fuente: Silva, Ramos, Lucas, & Lázaro (2011, p. 386)

## **Capítulo 2**

### **Análisis y selección de alternativas**

La máquina selectora, para su posible construcción y aplicación necesitará de un análisis de un par de alternativas mediante la calificación de ciertos parámetros, los cuales deberán cumplir con la mayoría de condiciones aptas para el trabajo dentro de una pequeña y mediana empresa y por ende satisfacer con la capacidad de demanda y el alcance propuesto en un principio.

Dados los diferentes tipos, clases y opciones que pudiesen existir se ha tomado en cuenta una de la más determinantes por no decir la que más peso tiene a la hora de elegir una alternativa para selección de tal manera que a continuación se hará el análisis de acuerdo al tipo de máquina selectora.

#### **2.1 Método de selección**

Industrialmente se producen gran variedad de máquinas selectoras de huevos con un método de clasificación por el peso mediante diferentes vías o usando dispositivos que la tecnología ofrece cada día. Los parámetros de selección serán de acuerdo a las necesidades que más se ajusten al presente proyecto y que podrían ser otros pero que serán motivo de estudio en otra ocasión.

Como previamente se ha mencionado, el diseño de la máquina deberá cumplir con factores y condiciones como reducir los costes de fabricación y construcción, que pueda cumplir con la capacidad de producción en una empresa pequeña o mediana, que sea adaptable a varios ambientes y lugares, que su mantenimiento sea el mínimo y haya facilidad de reposición de piezas, entre otras condiciones.

Para empezar el análisis se debe tomar en cuenta que las pequeñas empresas ubicadas en Ecuador a quienes está dirigida la máquina, por lo general no cuentan con una conexión trifásica y dadas las condiciones de voltaje en edificaciones donde se ubican estos negocios la mejor opción será de diseñar una que posea un motor y demás mecanismos que funcionen a 110 – 120 voltios que es la tensión más común en hogares y locales comerciales que no estén destinados a la industria de alta producción.

El rango de tamaños y peso de clasificación del producto debe al menos pasar de las 5 clases ya que la experiencia en la clasificación manual ha dejado como enseñanza que el mercado de venta al menudeo y el mercado de venta masiva tienen diferentes prioridades y por ende se necesita que se comparen con los pesos que exigen las normas locales y se clasifique en varios tipos de pesos.

Un parámetro importante y posiblemente el más gravitante son los componentes y materiales que se van a utilizar para la construcción de la máquina puesto que de estos dependen en el peso de la estructura, la facilidad de construcción, montaje y adquisición ya sea el caso de accesorios elegidos por catálogo y que en definitiva influye en el precio del conjunto como tal, por lo que el diseño y habilidad en la elección serán importantes para poder disminuir los costos al mínimo y que resulte en un proyecto más rentable que lo que se puede encontrar en el mercado como producto fabricado.

Las características físicas deben cumplir con un mínimo de estética pero con mucha funcionalidad, siendo el tamaño el punto a tomar en cuenta para que la máquina se adapte a cualquier espacio así sea demasiado reducido y de igual forma sea lo más simple para que el mantenimiento resulte sencillo para el usuario y no dependa de un servicio técnico especializado en caso de que una pieza falle por desgaste o por mal uso.

Puesto que uno de los objetivos es eliminar los errores por la clasificación manual, se debe diseñar un sistema lo más preciso posible en cuanto al sistema de pesaje del huevo, ya sean por medios electrónicos, mecánicos o mixtos que funcionen con una rapidez que satisfaga la cantidad a clasificar y que reduzca los errores por clasificación manual en más de un 50% siempre y cuando su precio esté de acuerdo con el beneficio que provea.

### **2.1.1 Características de la máquina selectora**

De acuerdo a lo descrito anteriormente y con la información disponible en el mercado existen tres tipos de máquinas selectoras de huevos que están separadas en dos clases ya que a una se la puede clasificar como para alta y media producción (clase industrial) y la otra se la clasificaría de baja producción (clase artesanal) destinadas para las micro empresas.

Se ha encontrado que las grandes empresas de producción masiva cuentan con maquinaria especializada y de alta tecnología para la recolección, manipulación, limpieza, clasificación y empackado del huevo y sus ovoproductos, por lo que estas empresas por lo general cuentan con selectoras industriales tipo lineales que cuentan con bandas de transportación automáticas y varios canales de recepción en los que van recibiendo el producto y clasificando con recolectores específicos y bandejas que poseen sistemas especiales que colocan al huevo clasificado en cubetas para su empackado posterior.

Máquina selectora industrial



Figura 6: Clasificadora de huevos Moba – Prima 2000

Fuente: Moba (2013, p. 1)

Este tipo de maquinaria dentro de sus componentes internos, cuenta con varios instrumentos y aparatos electrónicos como controladores programables, pantallas de visualización que sirven a la vez como control, programación y mando, su capacidad de clasificación mínima es desde los 15000 huevos por hora en adelante pudiendo llegar a clasificar 200000 huevos o 530 cajas cada hora, haciendo que su producción sea totalmente industrial y de consumo al por mayor.

Poseen también controles y dispositivos electrónicos que aseguran el error mínimo y máxima eficiencia sin obtener pérdidas de producto y así mejor limpieza en

el proceso, lo mejor de esta variedad es que tienen opciones para ampliar la capacidad de la máquina con adaptaciones que las empresas constructoras ofrecen.

Otro punto a tomar en cuenta es que su alimentación de corriente es trifásico empezando por los 220 V en adelante lo cual hace que su consumo de energía sea alto para poder realizar su trabajo.

Se debe tomar en cuenta que estas máquinas no siempre funcionan solas, sino en conjunto con otras que complementan el trabajo de la industria avícola que consiste desde la limpieza y descarte hasta la clasificación, empaclado y distribución del huevo transformándose en una línea de producción continua y con enfoque autosuficiente de funcionamiento en un mismo espacio.

Al poseer varias hileras de alimentación y contar con un sistema extremadamente complejo, su tamaño no deja de ser pequeño por lo que ocupa una gran cantidad de espacio en una planta de trabajo.

Además tienen otras opciones que pueden aumentar las bondades de estas máquinas como las que se enumeran a continuación:

- Inspección semiautomática de huevos
- Detección automática de fisuras, ovoscopio
- Desinfección con rayos UV
- Etiquetado y/o inyección con tinta para marcar el producto
- Bandas transportadoras de ingreso y salida del producto

El material con el que se construye estas máquinas cumple obligatoriamente con los estándares para el manejo masivo de alimentos para el consumo humano, principalmente de acero inoxidable y recubrimiento adecuado e inocuo con el producto.

Los precios manejados para estas máquinas superan las decenas de miles de dólares y son exclusivas para recuperar la inversión con una producción acorde al gasto realizado.

Al empezar con los clasificadores de baja producción cabe decir que este se subdivide en dos tipos los cuales han sido desarrollados a lo largo de la historia con



patentes que existen desde hace mucho tiempo y que hoy gracias a la tecnología han mejorado en su rendimiento como su sistema y forma de funcionamiento.

Una de estas es un modelo o prototipo parecido al industrial ya que tiene el mismo modo de funcionamiento y clasificación, variando en ciertas cosas como la forma de alimentación la cual ya no incorpora una banda transportadora para cantidades grandes de producto.

Máquina selectora semi-industrial



Figura 7: Clasificadora de huevos mecánica RYM-20

Fuente: ROYO INNOVA S.L. (2015, p. 1)

La cantidad de clasificación se reduce o se limita considerablemente debido a este aspecto llegando a tener un máximo de clasificación de 8000 huevos por hora ya que el principal método de clasificación es mecánico o con pesas y balancines calibrados que tienen límites y que van hasta un máximo de 6 tipos de huevos y asegurándose de respetar los límites impuestos por la demanda o por la norma que tenga vigencia.

Sin duda estas máquinas al poseer menos elementos electrónicos salvo ciertas excepciones con aquellas empresas que decidan dar un adicional en su producto pero que sea de baja producción igual, entonces el voltaje de alimentación es de 110 V para manejar un motor monofásico principal.

Por ser de baja producción es fácil deducir que ocupa poco espacio en una planta avícola o bodega por lo que se acomoda fácilmente en un lugar pequeño además de sus dimensiones su forma rectangular en muchos de los casos también favorece para que se adapte a rincones y no estorbe con el resto del proceso de producción teniendo consumos máximos de 500 W.

La estructura con la que se construyen estas selectoras de baja producción es en la mayoría de material metálico, siendo una constante el aluminio, hierro galvanizado y acero inoxidable, o a su vez mixtas con materiales plásticos como el policarbonato, polipropileno o poliamida entre los más comunes para piezas de reemplazo, siendo unas más baratas si se da una falla.

Algunas compañías dan como equipo opcional al básico, lámparas fluorescentes de bajo consumo a modo de ovoscopio y en algunos casos la posibilidad de incluir equipos de inyección de tinta para el marcado y etiquetado de la marca y fecha de elaboración del producto.

Para culminar con las opciones de máquinas selectoras de huevos, como se había mencionado existe otro tipo de selectora para la clasificación de baja producción y consiste en un sistema rotativo teniendo todo el sistema de selección en el centro del aparato.

Sistema rotativo de clasificación



Figura 8: Sistema rotativo de clasificación

Fuente: Yemita (2015)

La creación de esta máquina se remonta al siglo anterior con patentes muy antiguas y básicamente el sistema de pesaje no ha cambiado mucho siendo las balanzas principales artífices para realizar el trabajo.

Para empezar describiendo esta máquina se empezará por decir que consta con una bandeja de entrada descendiente la misma que deja caer al producto de una forma natural, sin romper al huevo y suficiente para que el sistema rotativo recoja a cada producto y vaya seleccionando uno por uno y no necesite de una banda de transportación para el ingreso.

El modo de operación es algo parecido al modelo en línea, siendo la constante unos balancines que están dispuestos en el centro del aparato de mayor a menor tamaño o peso en este caso, ya que la selección se la hace por descarte, es decir, el huevo irá pasando por cada balanza hasta que el huevo sea más pesado que la balanza y por consecuencia caiga seleccionado. Este es el prototipo más usado pero no se descarta obtener la manera de pesar el huevo mediante dispositivos electrónicos como celdas de carga o sensores pero que tendrán una variación en el precio final del aparato.

En el mercado es común encontrar estas máquinas con variaciones en las cantidades de selección, es decir desde las 4 clases hasta las 6 clases de huevos, que para efecto de una microempresa es suficiente la variedad ofrecida.

Al igual que el anterior modelo de selectora, posee incluso solo un mecanismo electrónico que se trata del motor eléctrico que da el movimiento rotativo, por lo demás cuenta con un sistema de reducción de velocidad de salida para no hacer demasiada violenta la caída del huevo seleccionado. Estos motores por lo general no pasan de las 2000 RPM y 1.5HP de potencia siendo monofásicos y se conectan sin problema a una línea de 110 V de tensión, que es lo convencional en las conexiones caseras del Ecuador.

Los materiales más usados son los polímeros y metálicos, los cuales van acoplados para funcionar adecuadamente, dándole la resistencia necesaria y la flexibilidad y funcionalidad requerida para estos trabajos con recubrimientos que ayudan a reducir el desgaste de los componentes y además que mantienen el producto lo más limpio posible.

En cuanto al espacio se puede notar que entre más grande es la producción más espacio ocupará además de la cantidad de bandejas y lo grandes que sean aumentaran considerablemente su tamaño en general, siendo el promedio de medidas de 1.5 metros de diámetro llegando a ser la medida más crítica y con un peso aproximado de los 35 kilogramos.

El precio comparado al anterior modelo, son casi parecidos siendo la diferencia en los materiales usados y la capacidad de selección pero así mismo siendo económicos para las empresas y altamente rentables, recuperando su inversión muy rápidamente. El precio de estas máquinas dependiendo si es el equipo básico sin aditamentos y sin incluir transporte, puede variar entre los \$3500 a \$5000.

Hay ciertas empresas que ofrecen este producto con pocas opciones de adicionales ya que no son muy necesarios además que pueden subir su precio y no aportan mucho a las necesidades del cliente final como son la ovoscopía, y la precisión exacta siendo la norma la que da ciertos parámetros o margen de error permisible.

Este análisis da como resultado que entre los parámetros más gravitantes serán el costo de la máquina, su capacidad y productividad y el sistema de pesaje, por lo cual se hará una tabla de ponderación se calificarán a las alternativas y del resultado final se tendrá un elegido.

Tabla 10.

Tabla de calificación

<b>Puntaje</b>	<b>Detalle</b>
3	Excelente
2	Aceptable
1	Regular

Nota: Calificación dividida en 3 clases

Elaborado por: R. Caro (2016)

En las siguientes tablas se hará la evaluación de cada parámetro seleccionado y de acuerdo a la tabla de calificación se obtendrá un puntaje global y se encontrará a la alternativa más viable según los siguientes parámetros:

- Capacidad

- Costo de fabricación
- Modo de operación
- Mantenimiento y soporte
- Dimensiones
- Tipo de alimentación
- Consumo eléctrico

Tabla 11.

Alternativa selectora industrial

	<b>Calificación</b>			
<b>PARÁMETROS</b>	<i>Excelente</i>	<i>Aceptable</i>	<i>Regular</i>	<i>Subtotal</i>
Capacidad	x			3
Costo de fabricación			x	1
Modo de operación	x			3
Mantenimiento y soporte		x		2
Dimensiones			x	1
Tipo de alimentación			x	1
Consumo eléctrico			x	1
<b>TOTAL=</b>				<b>12</b>

Nota: Calificación más baja

Elaborado por: R. Caro (2016)

Esta máquina ha logrado 12 puntos de 21 posibles lo cual la hace una opción poco probable.

Tabla 12.

Alternativa selectora básica

	<b>Calificación</b>			
<b>PARÁMETROS</b>	<i>Excelente</i>	<i>Aceptable</i>	<i>Regular</i>	<i>Subtotal</i>

Capacidad		x		2
Costo de fabricación	x			3
Modo de operación		x		2
Mantenimiento y soporte		x		2
Dimensiones		x		2
Tipo de alimentación			x	1
Consumo eléctrico	x			3
<b>TOTAL=</b>				<b>15</b>

Nota: Calificación intermedia

Elaborado por: R. Caro (2016)

Esta máquina ha logrado 15 puntos de 21 posibles lo cual la hace la segunda opción.

Tabla 13.

Alternativa selectora rotativa

	<b>Calificación</b>			
<b>PARÁMETROS</b>	<i>Excelente</i>	<i>Aceptable</i>	<i>Regular</i>	<i>Subtotal</i>
Capacidad		x		2
Costo de fabricación	x			3
Modo de operación	x			3
Mantenimiento y soporte	x			3
Dimensiones		x		2
Tipo de alimentación		x		2
Consumo eléctrico	x			3
<b>TOTAL=</b>				<b>18</b>

Nota: Calificación más alta

Elaborado por: R. Caro (2016)

Esta máquina ha logrado 18 puntos de 21 posibles lo cual la hace la primera opción.

### **2.1.2 Selección de la mejor alternativa**

Al obtener el total del puntaje de cada selectora de huevos se puede decir que la máquina con el funcionamiento rotativo es la más adecuada para el proyecto planteado y el alcance que en un principio se propuso.

## Capítulo 3

### Diseño y simulación de componentes

En este capítulo se realizarán los respectivos cálculos, análisis, dimensionamientos y demás procedimientos necesarios para el diseño y simulación de las piezas más importantes que componen la máquina ya sea estructural y funcionalmente o como en el caso de la mayoría de las piezas serán dimensionadas por estética ya que las cargas no serán tan grandes con respecto a otra de este tipo.

#### 3.1 Criterios de diseño

Se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Pese a que es una máquina que maneja un producto alimenticio, el material que predominará será acero ASTM A-36 que es más económico y asequible en el mercado en comparación con el acero inoxidable y otras piezas por su función serán diseñadas en plástico.
- Los elementos de la parte estructural serán diseñados como cargas estáticas.
- El sistema se considerará como estado estático.

#### 3.2 Cálculo de transmisión

Se empieza haciendo un cálculo aproximado de la velocidad angular con la que trabajará la máquina y satisfacer la demanda de clasificación, por lo tanto la cantidad de clasificación se empezará con 2500 unidades.

$$2500 \frac{\text{unidades}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = \mathbf{41.6 \text{ unidades/min}}$$

La máquina contará con 12 cucharillas de recolección, por lo tanto:

$$42 \frac{\text{unidades}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ rev}}{12 \text{ unidades}} = \mathbf{3.5 \text{ rev/min}}$$

Con este valor se buscará en catálogo de reductores de velocidad el que más se ajuste a estas revoluciones de salida (Ver anexo I) eligiendo el modelo C0T3 0.10/8:



$$i = \frac{n_e}{n_s} \quad (\text{Ecuación 1})$$

(Fuente: Mott, R.L., 2006, p.270)

$$i = \frac{650 \text{ RPM}}{3.6 \text{ RPM}} = 181.45$$

### 3.2.1 Selección de motor

El motor comercial que se elegirá deberá cumplir con pocas especificaciones tales como una potencia baja y una velocidad de salida que se pueda transmitir mediante un sistema de banda y poleas, por lo que se asume un motor Siemens tipo 1RF30524YC31 (Ver anexo II).

### 3.2.2 Cálculo de diámetros de las poleas

Con la velocidad de entrada del reductor de velocidad y la de salida del motor se obtiene una relación de transmisión:

$$i = \frac{n_e}{n_s} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$i = \frac{1760 \text{ RPM}}{650 \text{ RPM}}$$

$$i = 2.708$$

Se escoge un diámetro mayor de la polea  $D_2 = 110 \text{ mm}$

$$D_1 = \frac{D_2}{i}$$

$$D_1 = \frac{110 \text{ mm}}{2.708}$$

$$D_1 = 40.6 \text{ mm}$$

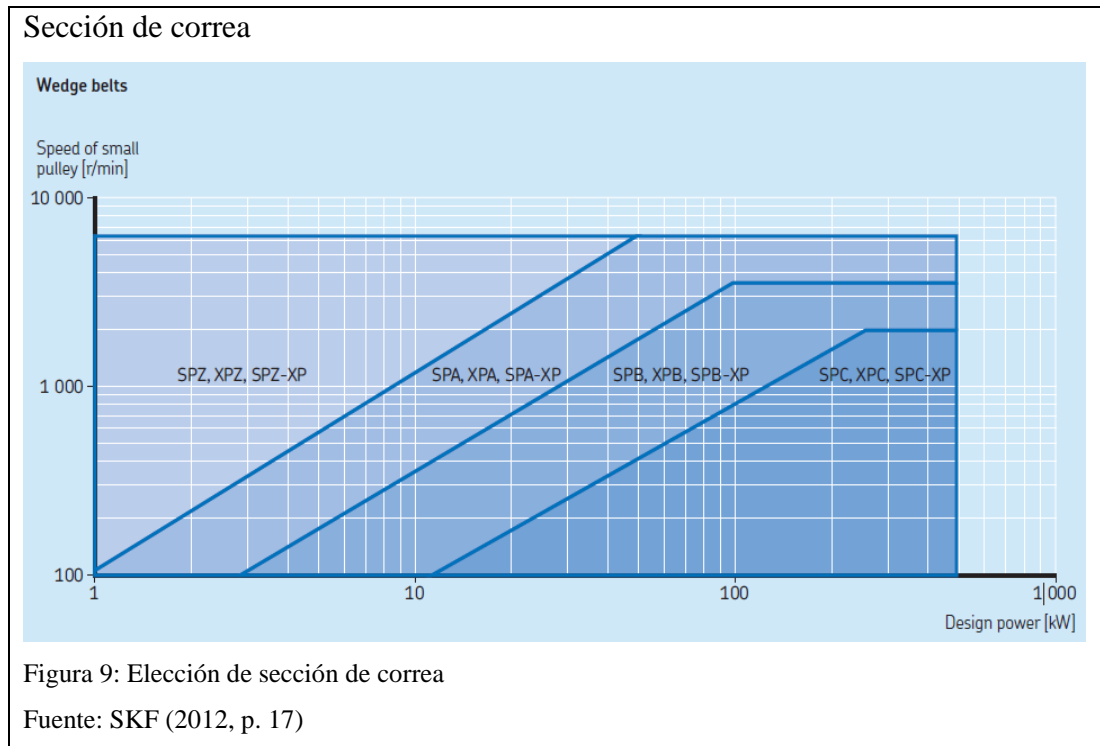
Por lo tanto los diámetros de poleas nominales serán  $D_1 = 40 \text{ mm}$  y  $D_2 = 112 \text{ mm}$  o se construirán poleas con los diámetros calculados.

### 3.2.3 Selección de sección de correa

Para elegir la sección de correa se toman los parámetros de potencia y velocidad de la polea conductora, por lo tanto:

$$Potencia\ motor = 0.25\ HP \times \frac{745.7\ W}{1\ HP} = 186.425\ W$$

$$Velocidad\ polea\ conductora = 1760\ RPM$$



Según los datos de selección, el diagrama muestra una sección de correa tipo SPZ.

### 3.2.4 Distancia entre centros provisional

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1) \quad (\text{Ecuación 2})$$

(Fuente: Mott, R.L., 2006, p. 273)

$$112 < C < 3(112 + 40)$$

$$112 < C < 456$$

Dados estos límites de distancia entre poleas, se escogerá una distancia media entre las dos de  $C = 284\ mm$ .

### 3.2.5 Longitud primitiva de correa

$$L_p = 2C + \frac{\pi(D + d)}{2} + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad (\text{Ecuación 3})$$

(Fuente: Mott, R.L., 2006, p. 270)

$$Lp = 2(284) + \frac{\pi(112 + 40)}{2} + \frac{(112 - 40)^2}{4(284)}$$

$$Lp = 811.32 \text{ mm}$$

### 3.2.6 Longitud nominal de correa

Tabla 14.

Longitudes de bandas estándar

Nominal length (L)		Permissible deviation for sections		
over	incl.	Y, Z, A, B, C, D, E		SPZ, SPA, SPB, SPC, 3V, 5V, 8V, S
mm		+	-	
-	250	+8	-4	
250	315	+9	-4	
315	400	+10	-5	
400	500	+11	-6	
500	630	+13	-6	±6
630	800	+15	-7	±8
800	1 000	+17	-8	±10
1 000	1 250	+19	-10	±13

Fuente: SKF (2012, p. 13)

Después de obtener la longitud primitiva calculada se procede a elegir desde la tabla 14 una longitud de banda estándar. Se elige longitud nominal de correa ***L* = 800 mm.**

### 3.2.7 Distancia entre centros definitiva

Ya con los datos obtenidos, se procede a recalcular la distancia entre poleas para que la correa tenga su ajuste y desempeño perfecto:

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16} \quad (\text{Ecuación 4})$$

(Fuente: Mott, R.L., 2006, p. 270)

Donde:

$$B = 4L - 6.28(D_2 + D_1)$$

$$B = 4(800) - 6.28(112 + 40)$$

$$B = 2245.44 \text{ mm}$$

$$C = \frac{2245.44 + \sqrt{2245.44^2 - 32(112 - 40)^2}}{16}$$

$$C = 278.35 \text{ mm}$$

### 3.3 Diseño de eje principal de transmisión

Este eje de transmisión es una pieza que transmitirá el movimiento proveniente de la caja reductora de velocidad y estará conectado a la placa móvil que alberga a las cucharas recolectoras. El propósito de este cálculo es dimensionar el diámetro mínimo del eje y que sea capaz de soportar el torque transmitido por el sistema.

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_o}{t} \quad (\text{Ecuación 5})$$

(Fuente: Larburu, 1997, p.117)

Donde:

$\omega_f$  = Velocidad angular de estructura móvil

$\omega_o$  = Velocidad angular inicial

$t$  = Tiempo de velocidad final

Con las revoluciones de salida en la placa móvil:

$$\omega_f = 3.5 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.37 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\alpha = \frac{0.37 - 0}{0.5}$$

$$\alpha = 0.74 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

En el software paramétrico de diseño Solid Edge ST5 se analizará las propiedades físicas de la estructura móvil y se encontrará el segundo momento de inercia de la pieza.

## Propiedades físicas

Figura 10: Propiedades físicas de estructura móvil

Elaborado por: R. Caro (2016)

Se obtiene así:

$$T = I * \alpha \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$T = 0.040 \, \text{kg} \, \text{m}^2 * 0.74 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T = 2.96 \times 10^{-2} \, \text{Nm}$$

Se obtiene el torque que se ejerce en el eje se despeja de la fórmula del esfuerzo admisible del material usado:

$$\tau = \frac{2T}{\pi r^3} \quad (\text{Ecuación 7})$$

(Fuente: Pytel & Singer, 2008, p.64)

Donde:

$$\tau = 0.4 S_y \quad (S_y \text{ Fundición gris} = 303 \, \text{Mpa}) \quad (\text{Ecuación 8})$$

Se despeja el radio:

$$r = \sqrt[3]{\frac{2T}{\pi \tau}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{2(2.96 \times 10^{-2})}{\pi (0.4 * 303)}}$$

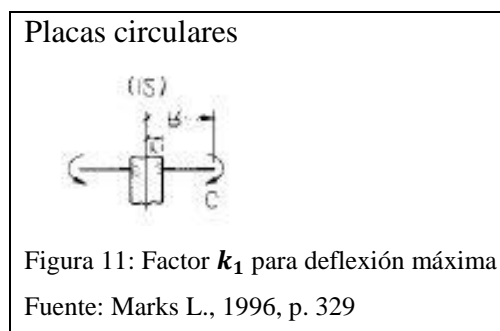
$$r = 0.054 \text{ mm} \rightarrow \phi = \mathbf{0.108 \text{ mm}}$$

Una vez más las medidas del eje resultan ser mínimas puesto que el torque y las cargas utilizadas son demasiado pequeñas de tal manera que las medidas finales serán solo por estética e igual asegurarán la resistencia debida de la máquina.

### 3.4 Diseño de la placa móvil

Se continúa con la parte motriz de la máquina, culminando con el diseño de la placa móvil o porta cucharillas. Al igual que los anteriores apartados, el diseño de esta consistirá en analizar los datos obtenidos para comprobar que la pieza cumple satisfactoriamente a las cargas sometidas y que sus dimensiones serán estético-funcionales.

Para empezar el diseño mediante cálculo de placas planas se elegirá el caso que más se ajuste al problema como se observa en la siguiente figura:



Por lo que la ecuación de la deflexión máxima está dada por:

$$Y_m = k_1 \frac{C R^2}{E t^3} \quad (\text{Ecuación 9})$$

(Fuente: Marks, 1996, p.329)

Donde:

$$m = 3 \text{ kg} \quad (\text{Masa de piezas y producto})$$

$$C = P * d$$

(Par)

(Deflexión asumida)

(Módulo elasticidad: Fund. gris tipo 40)

$t$  = Espesor de placa

$$\frac{190}{40} = 4.75$$

(Coeficiente para placas circulares)

Reemplazando los datos en la Ecuación 5 resulta que la placa tiene un espesor de:

$$t = \sqrt[3]{3.418 \frac{(5.586 \text{ Nm})(0.190 \text{ m})^2}{(1.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2)(0.0001 \text{ m})}}$$

$$t = 3.971 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$t = 3.971 \text{ mm}$$

Este resultado muestra el espesor mínimo para que la placa tenga una deflexión de 0.1mm.

Tabla 15.

### Coeficientes $k$ y $k_1$ para placas circulares

Case	$k$	$k_1$
1	1.24	0.696
2	0.75	0.171
3	6.0	4.2

Case	$R/r$											
	1.25		1.5		2		3		4		5	
	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$	$k$	$k_1$
4	0.592	0.184	0.976	0.414	1.440	0.664	1.880	0.824	2.08	0.830	2.19	0.813
5	0.105	0.0025	0.259	0.0129	0.481	0.057	0.654	0.130	0.708	0.163	0.730	0.176
6	1.10	0.341	1.26	0.519	1.48	0.672	1.88	0.734	2.17	0.724	2.34	0.704
7	0.195	0.0036	0.320	0.024	0.455	0.081	0.670	0.171	1.00	0.218	1.30	0.238
8	0.660	0.202	1.19	0.491	2.04	0.902	3.34	1.220	4.30	1.300	5.10	1.310
9	0.135	0.0023	0.410	0.0183	1.04	0.0938	2.15	0.293	2.99	0.448	3.69	0.564
10	0.122	0.00343	0.336	0.0313	0.740	0.1250	1.21	0.291	1.45	0.417	1.59	0.492
11	0.072	0.00068	0.1825	0.005	0.361	0.023	0.546	0.064	0.627	0.092	0.668	0.112
12	6.865	0.2323	7.448	0.6613	8.136	1.493	8.71	2.555	8.930	3.105	9.036	3.418
13	6.0	0.196	6.0	0.485	6.0	0.847	6.0	0.940	6.0	0.801	6.0	0.638
14	0.115	0.00129	0.220	0.0064	0.405	0.0237	0.703	0.062	0.933	0.092	1.13	0.114
15	0.090	0.00077	0.273	0.0062	0.710	0.0329	1.54	0.110	2.23	0.179	2.80	0.234

Fuente: Marks L. (1996, p. 329)

Se aplicará la Ecuación 5 con el espesor de diseño que es de 35 mm y obtener la deflexión de placa:

$$Y_m = k_1 \frac{C R^2}{E t^3}$$

$$Y_m = 3.418 \frac{(5.586 \text{ Nm})(0.190 \text{ m})^2}{(1.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2) (0.035 \text{ m})^3}$$

$$Y_m = 1.46 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

### 3.4.1 Simulación de la placa móvil

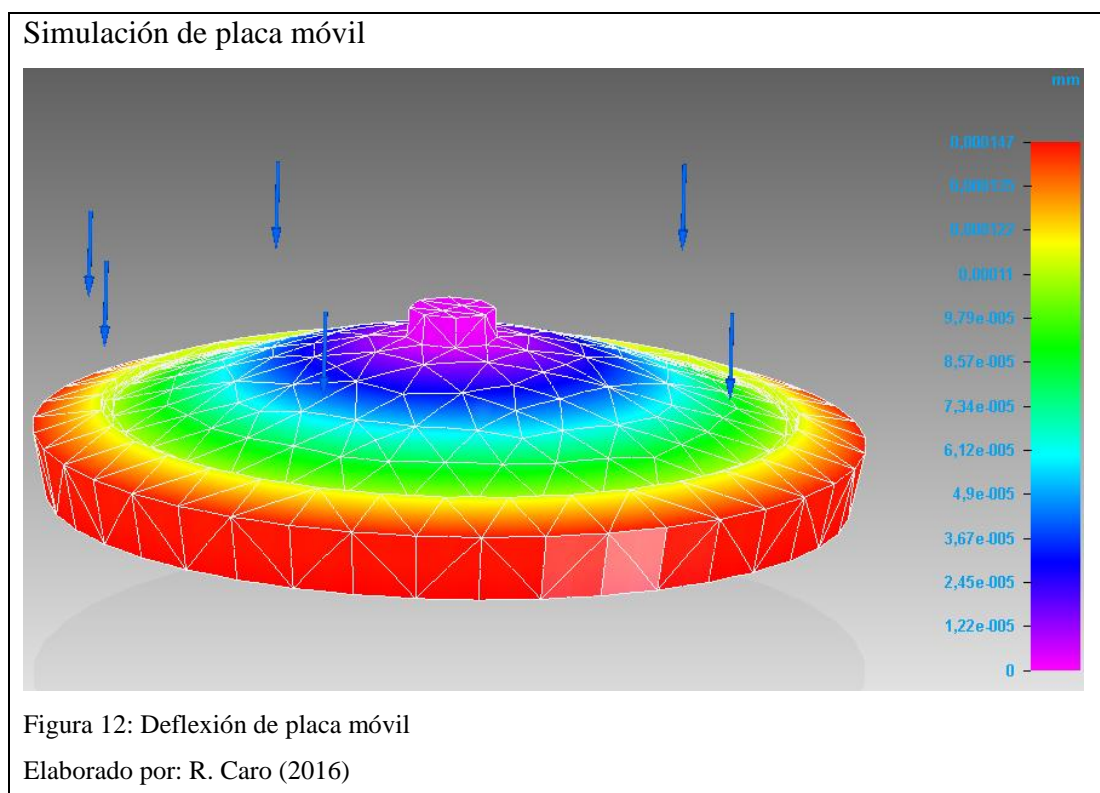
Mediante el programa Solid Edge se realiza la simulación de deflexión que tendría la placa al aplicar las cargas posibles y a continuación los resultados:

Tabla 16.

Resultado del componente: Traslación total

Grado	Valor	X	Y	Z
Mínimo	0 mm	-0,000 mm	13,000 mm	-22,000 mm
Máximo	0,000147 mm	-29,723 mm	-187,661 mm	-12,000 mm

Elaborado por: R. Caro (2016)



En comparación con los cálculos, se puede observar que el resultado de deflexión de esta placa obtenido con el programa está muy aproximado y se puede considerar que el valor es correcto.

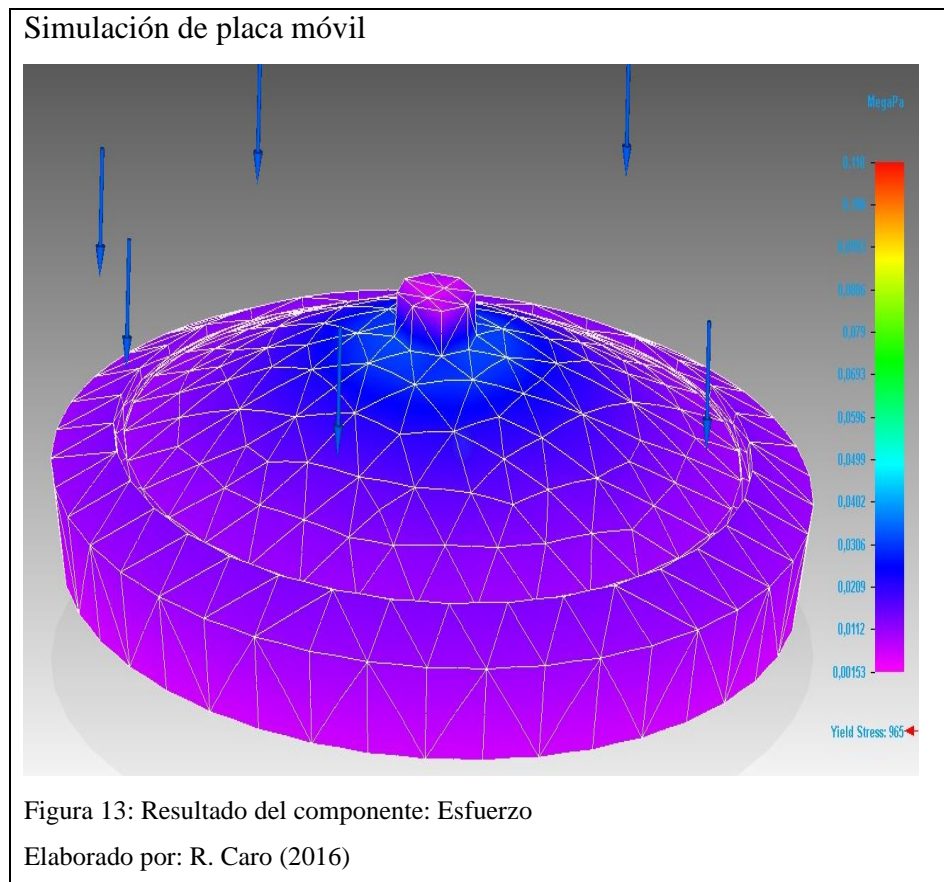


Tabla 17.

Resultado del componente: Esfuerzo

Grado	Valor	X	Y	Z
Mínimo	0,00153 MPa	165,425 mm	31,395 mm	-1,425 mm
Máximo	0,118 MPa	0,000 mm	20,000 mm	-22,000 mm

Elaborado por: R. Caro (2016)



### 3.5 Diseño de placa fija

Al igual que la placa móvil de la máquina el cálculo de la placa fija debe hacerse mediante el mismo análisis por lo tanto se seguirán los mismos pasos y tan solo cambiarán ciertas variables según sea el caso.

Esquema placa fija

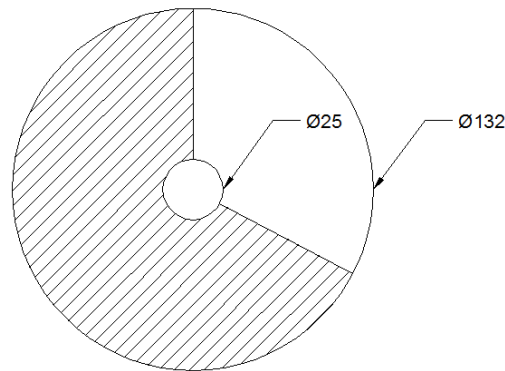


Figura 14: Esquema de placa fija

Elaborado por: R. Caro (2016)

Como se observa en la figura, los radios muestran sus medidas y de la tabla 15 se obtiene el coeficiente  $k_1$  y a continuación aplicar la ecuación 5 dónde:

$$m = 6 \text{ kg} \quad (\text{Masa de piezas y producto})$$

$$C = P * d$$

$$C = \left( 6 \text{ kg} * \frac{9.8 \text{ m}}{\text{s}^2} \right) * 0.132 \text{ m} = 7,761 \text{ Nm} \quad (\text{Par})$$

$$Y_m = 0.1 \text{ mm} \quad (\text{Deflexión asumida})$$

$$E = 110316 \text{ Mpa} \quad (\text{Módulo elasticidad: Fund. gris tipo 40})$$

$$t = \text{Espesor de placa}$$

$$\frac{R}{r} = \frac{\text{radio exterior}}{\text{radio interior}} = \frac{132}{25} = 5.28$$

$$k_1 = 3.418 \quad (\text{Coeficiente para placas circulares})$$

Si se reemplazan los datos en la Ecuación 5 resulta que la placa tiene un espesor de:

$$t = \sqrt[3]{3.418 \frac{(7.761 \text{ Nm})(0.132 \text{ m})^2}{(1.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2)(0.0001 \text{ m})}}$$

$$t = 3.477 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$t = 3.477 \text{ mm}$$

Este resultado muestra el espesor mínimo para que la placa tenga una deflexión de 0.1mm.

Se recalcula el proceso pero con el espesor de diseño el cual es por funcionalidad:

$$t = 50 \text{ mm}$$

$$Y_m = k_1 \frac{C R^2}{E t^3}$$

$$Y_m = 3.418 \frac{(7.761 \text{ Nm})(0.132 \text{ m})^2}{(1.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2) (0.05 \text{ m})^3}$$

$$Y_m = 3.36 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$Y_m = 3.36 \times 10^{-5} \text{ mm}$$

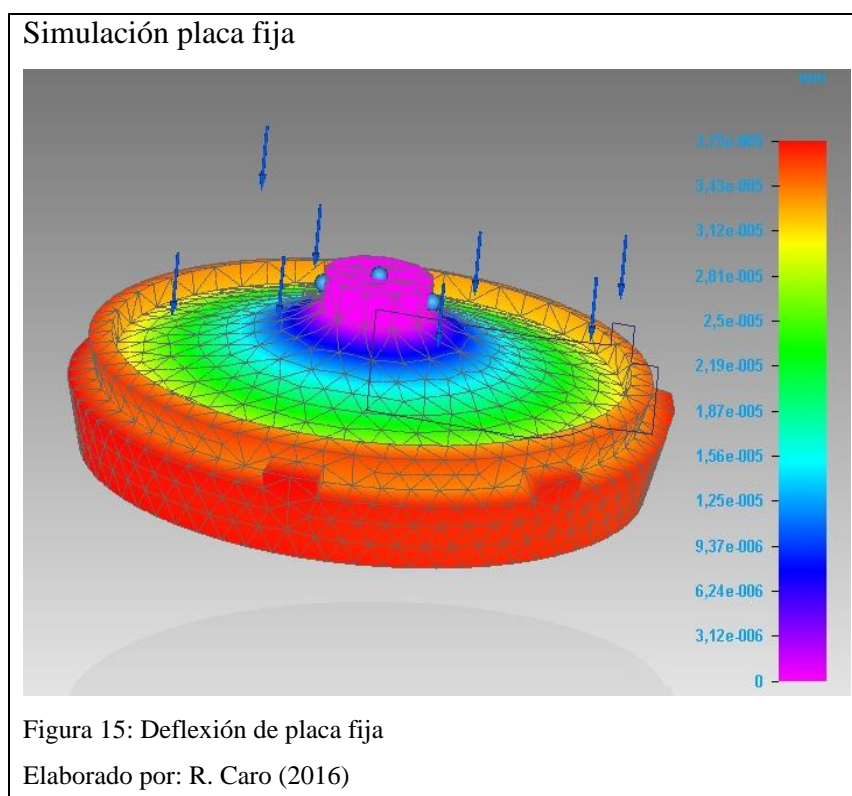
### 3.5.1 Simulación de la placa fija

Tabla 18.

Deflexión de placa fija

Grado	Valor	X	Y	Z
Mínimo	0 mm	12,500 mm	-21,651 mm	-6,000 mm
Máximo	3,75e-005 mm	-12,401 mm	-129,407 mm	-10,000 mm

Elaborado por: R. Caro (2016)



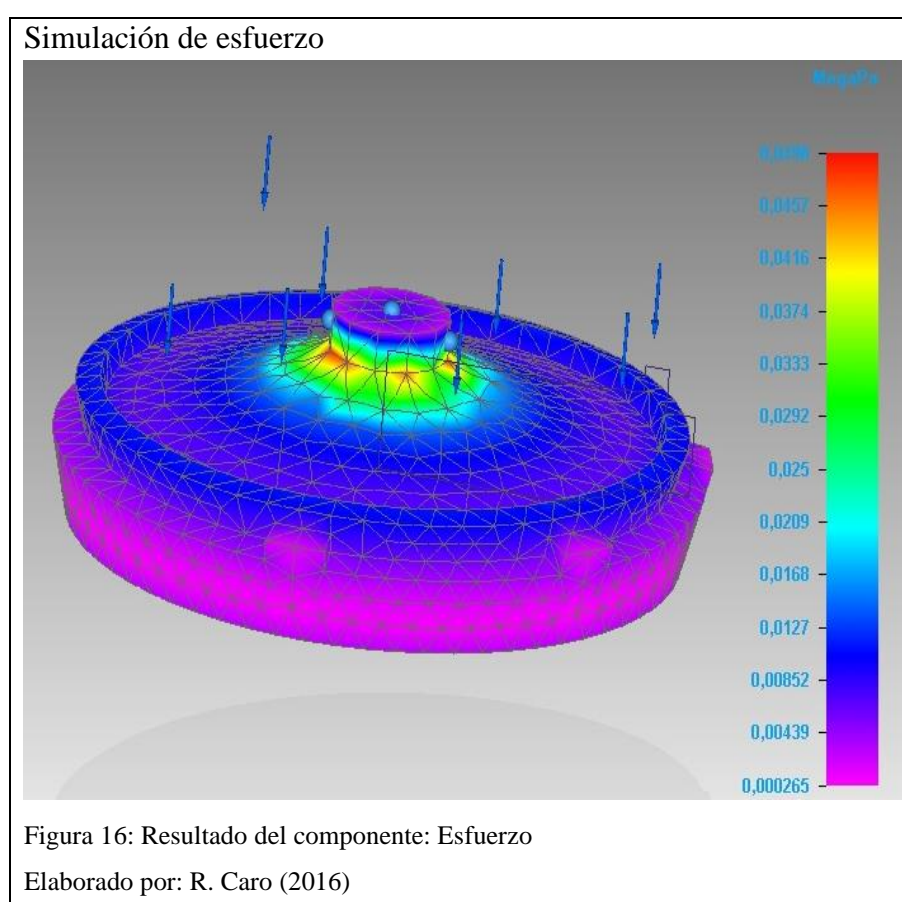
Si se compara con los resultados realizados mediante cálculos manuales se puede observar que son prácticamente iguales y se asegura de esta manera su validez.

Tabla 19.

Resultado del componente: Esfuerzo

Grado	Valor	X	Y	Z
Mínimo	0,000265 MPa	-122,446 mm	43,669 mm	-27,537 mm
Máximo	0,0498 MPa	-21,651 mm	12,500 mm	-6,000 mm

Elaborado por: R. Caro (2016)

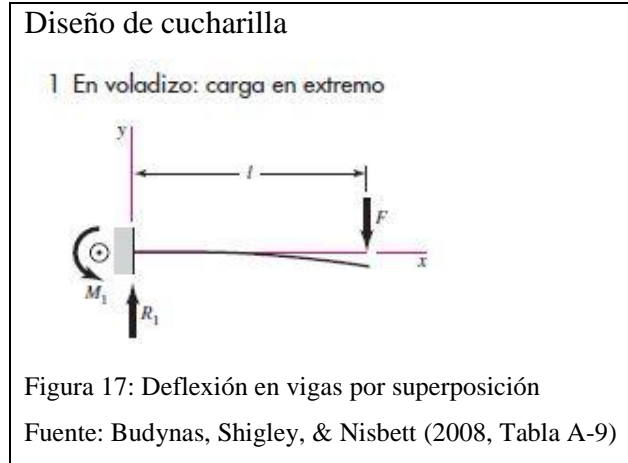


### 3.6 Diseño de cucharilla

La cucharilla es una pieza que trabaja colgante pivoteando sobre un eje y recoge el producto que resbala por la bandeja principal por lo que su diseño será tomado como una viga en voladizo para obtener su deflexión.

Se aproximará un peso de diseño de 200 gramos que estará por encima del peso de un huevo extra grande. La cucharilla tendrá una longitud de diseño de 145 mm.

Para esta pieza se necesitará de un material que sea fácil de mecanizar y que tengan un cierto grado de flexibilidad debido al trabajo que van a realizar por lo que se escoge un polímero conocido en el medio como grilón.



### 3.6.1 Deflexión de cucharilla

Mediante la ecuación 6 que expresa la deflexión máxima de una viga según la figura 17 se resuelve la deflexión máxima de la cucharilla donde:

$$F = mg = 200g \times 9.8 \frac{m}{s^2} = 1.96 N$$

$$E = 1.88 \times 10^9 \frac{N}{m^2} \quad (\text{Fuente: Inoxidable, 2016})$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi (15)^4}{64} = 2.485 \times 10^{-9} m^4 \quad (\text{Ecuación 10})$$

(Fuente: Larburu, 1997, p. 129)

Por lo tanto reemplazando valores se obtiene:

$$y_{max} = -\frac{FL^3}{3EI} \quad (\text{Ecuación 11})$$

(Fuente: Budynas, Shigley, & Nisbett, 2008, p.64)

$$y_{max} = -\frac{(1.96 N)(0.145 m)^3}{3(1.88 \times 10^9)(2.485 \times 10^{-9} m^4)} \times \frac{1000 mm}{1 m}$$

$$y_{max} = -0.426 mm$$

Si se compara con el esfuerzo máximo admisible se aplica la ecuación:

$$[\delta_{adm}] = \frac{L}{300} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$[\delta_{adm}] = \frac{145}{300}$$

$$[\delta_{adm}] = 0.483 \text{ mm}$$

Por lo tanto:

$$y_{max} \leq [\delta_{adm}]$$

$$0.426 \leq 0.483$$

Se demuestra que la pieza puede soportar la carga recibida sin deformarse.

### 3.6.2 Simulación de deflexión en cucharilla

Tabla 20.

Dato de carga

Nombre	Tipo	Valor	Distribución	Dirección
Fuerza 1	Fuerza	1,96 N	Por entidad	A lo largo del vector

Elaborado por: R. Caro (2016)

Simulación deflexión

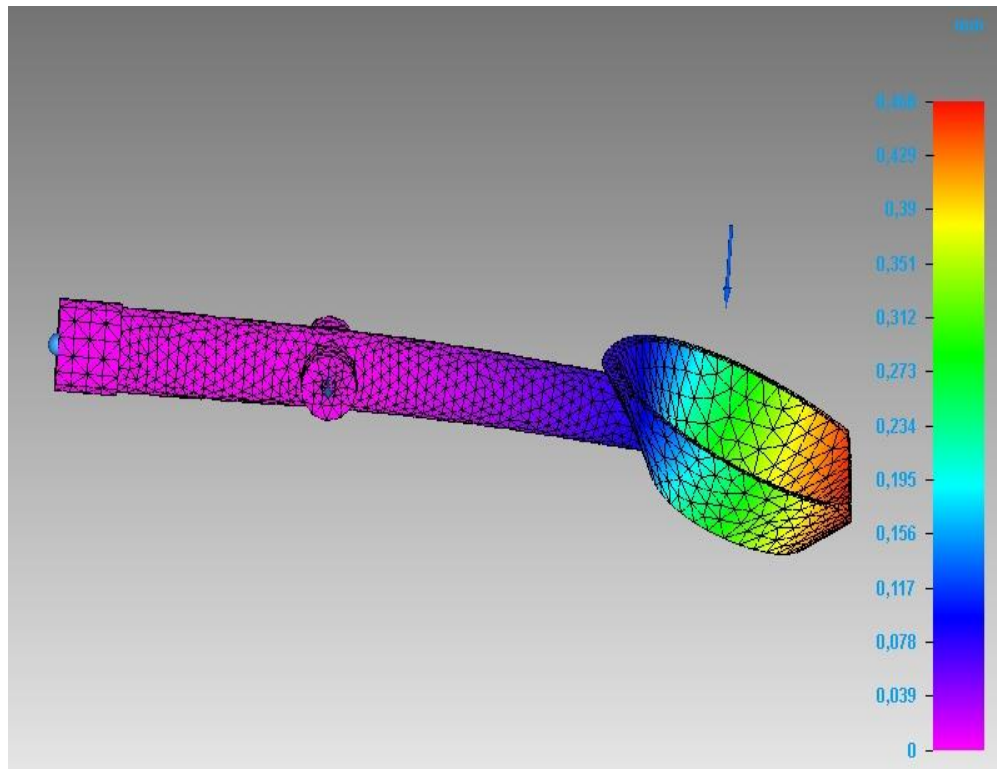


Figura 18: Deflexión de cucharilla

Elaborado por: R. Caro (2016)

Tabla 21.

Deflexión de cucharilla

Grado	Valor	X	Y	Z
Mínimo	0 mm	-2,918 mm	-2,000 mm	-4,459 mm
Máximo	0,468 mm	-0,000 mm	143,783 mm	1,170 mm

Elaborado por: R. Caro (2016)

Al comparar el valor máximo de deflexión obtenido en el programa Solid Edge ST5 se comprueba que es similar al dato obtenido mediante cálculos manuales constatando que se ha realizado de forma correcta.

Simulación de esfuerzo

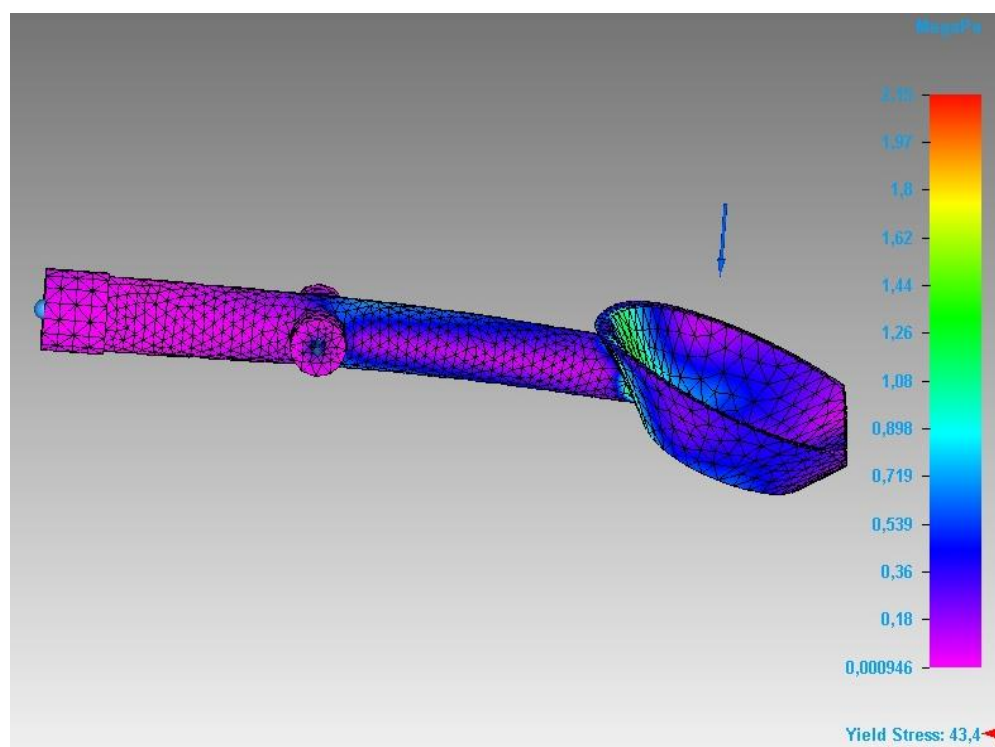


Figura 19: Resultado del componente: Esfuerzo

Elaborado por: R. Caro (2016)

Tabla 22.

Resultado del componente: Esfuerzo

Grado	Valor	X	Y	Z
Mínimo	0,000946 MPa	0,000 mm	14,623 mm	-6,427 mm
Máximo	2,15 MPa	5,345 mm	104,402 mm	-4,620 mm

Elaborado por: R. Caro (2016)

### 3.7 Diseño de la base de estructura

#### 3.7.1 Diseño de perfil de la base

El soporte de las piezas móviles y fijas de la máquina son sostenidas equilibradamente en el centro de una estructura que consta de un cilindro el cual va unido a tres perfiles soldados a 120 grados. Se buscará el perfil más adecuado para soportar la estructura.

Para esto se debe analizar la carga total que constará de 360 huevos, las piezas y partes de la máquina y una carga extra de seguridad.

Por lo tanto:

*Carga Total = peso del producto + peso de componentes + peso de diseño*

*Carga Total = 36 kg + 50 kg + 75 kg*

*Carga Total = 161 kg*

*Peso Total = 36 kg x  $\frac{9.8 N}{1 kg} = 1577,8 N$*

Se tiene la fórmula del esfuerzo máximo:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M}{I/c} = \frac{M}{S} \quad (\text{Ecuación 13})$$

(Fuente: Pytel & Singer (2008, p.126))

Donde:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 0.6 S_y \quad (\text{Esfuerzo a flexión})$$

$M$  = Momento

$S$  = Módulo de resistencia de la sección

$c$  = Distancia más alejada del eje neutro

$I$  = Momento de inercia del cuerpo

$S_y$  Acero A-36 = 248 Mpa (Fuente: DIPAC, (2014, p. 19))

Se despeja de la ecuación el módulo de sección:



$$S = \frac{(1577.8 \text{ N})(0.310 \text{ m})}{0.6(248 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}$$

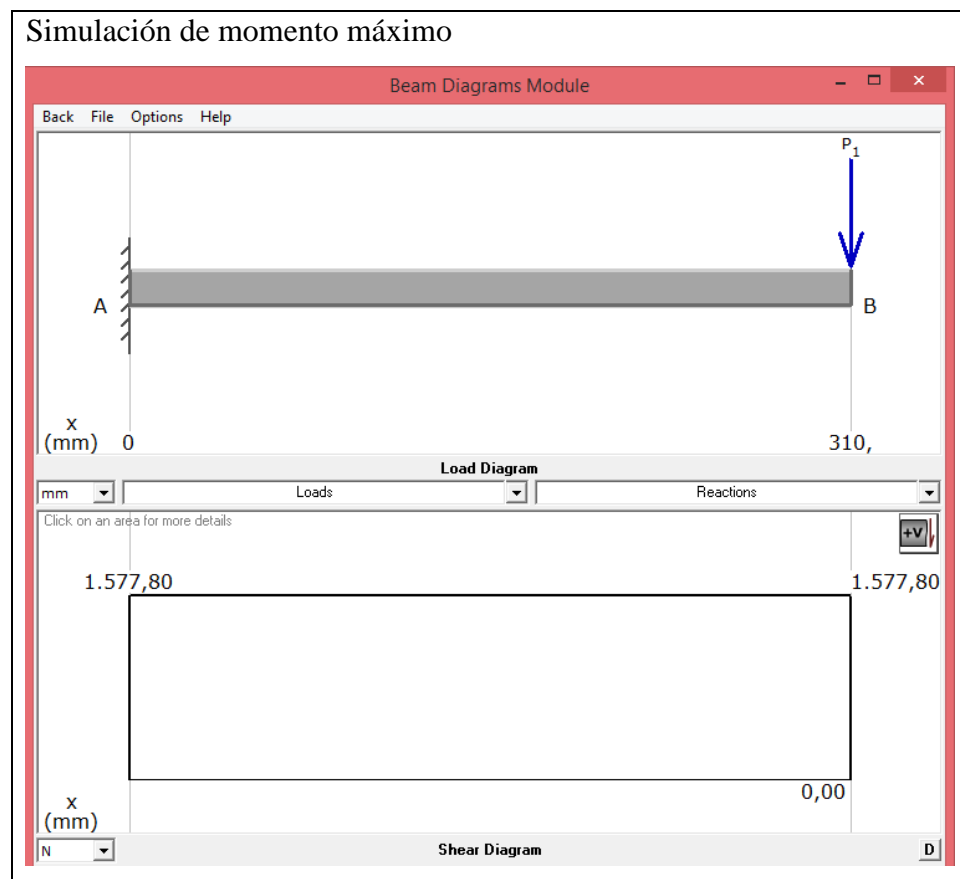
$$S = \frac{489.118 \text{ m}^3}{148.8 \times 10^6} \times \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$S = 3.287 \text{ cm}^3$$

Al encontrar el módulo de sección se buscará en el catálogo de perfiles el que más convenga, para esta ocasión se elige el perfil C 50x25x3, (ver anexo III).

### 3.7.1.1 Simulación de la base de estructura

Con el software MD Solids se encuentra el momento máximo con las cargas a aplicar, como se observa en la figura:



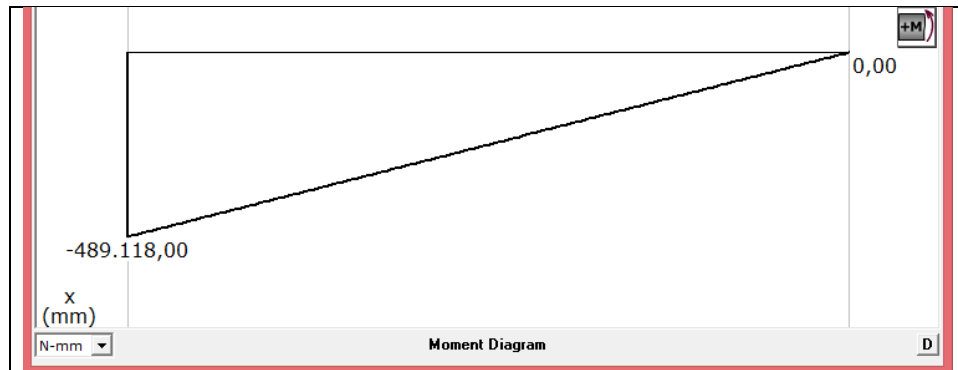


Figura 20: Momento máximo de perfil base

Elaborado por: R. Caro (2016)

Se obtiene así el momento máximo  $M = 489.118 \text{ Nm}$

Para comprobar el módulo de sección encontrado anteriormente, con el mismo software se aplican las medidas del perfil encontrado y se obtienen los siguientes resultados:

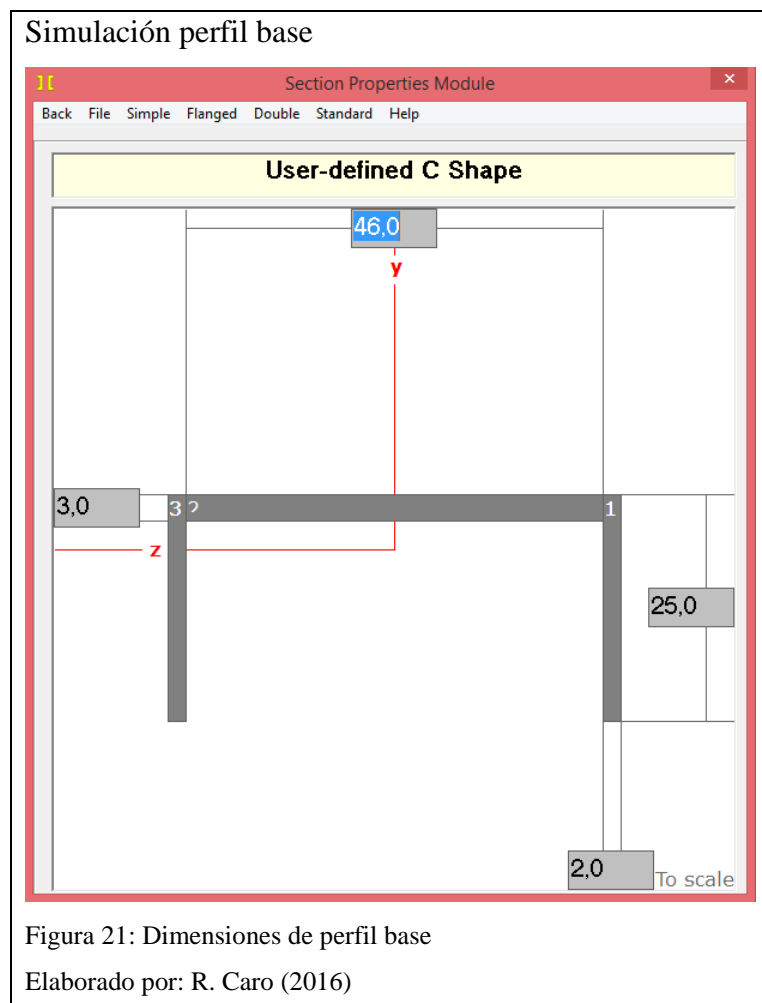


Figura 21: Dimensiones de perfil base

Elaborado por: R. Caro (2016)

Tabla 23.

Propiedades de sección de perfil

Cross Section Properties			
Y Axis Properties			
Elastic Modulus	E	200.000,0000	MPa
From left to centroid	z (left)	25,0000	mm
From centroid to right	z (right)	25,0000	mm
Area of shape	A	238,0000	mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia	Iy	81.967,3333	mm <sup>4</sup>
Section Modulus	Sy	3.278,6933	mm <sup>3</sup>
Section Modulus (left)	S (left)	3.278,6933	mm <sup>3</sup>
Section Modulus (right)	S (right)	3.278,6933	mm <sup>3</sup>
Radius of Gyration	ry	18,5580	mm
Plastic Modulus	Zy	3.987,0000	mm <sup>3</sup>
Shape Factor		1,2160	
From left to plastic n.a.	zp (left)	25,0000	mm
From plastic n.a. to right	zp (right)	25,0000	mm
Polar Moment of Inertia	J	94.295,1331	mm <sup>4</sup>
Product of Inertia	Iyz	0,0000	mm <sup>4</sup>
Maximum Moment of Inertia	I <sub>max</sub>	81.967,3333	mm <sup>4</sup>
Minumum Moment of Inertia	I <sub>min</sub>	12.327,7997	mm <sup>4</sup>
Angle from y axis to I <sub>max</sub> axis	B	0,0000	degrees
		Counterclockwise	

Elaborado por: R. Caro (2016)

Como se puede observar en la anterior tabla, el módulo de sección que calcula el software es igual a  $S = 3.278 \text{ cm}^3$  valor muy cercano al calculado en el anterior literal por lo que se considera que el perfil está bien escogido.

### 3.7.2 Diseño de barra de apoyo base

Para que la estructura tenga un soporte y llegue a una altura adecuada de trabajo se necesita de un apoyo que ofrezca una resistencia del peso de toda la máquina más el peso del producto a clasificar por lo que se diseña un trípode tubular en este caso.

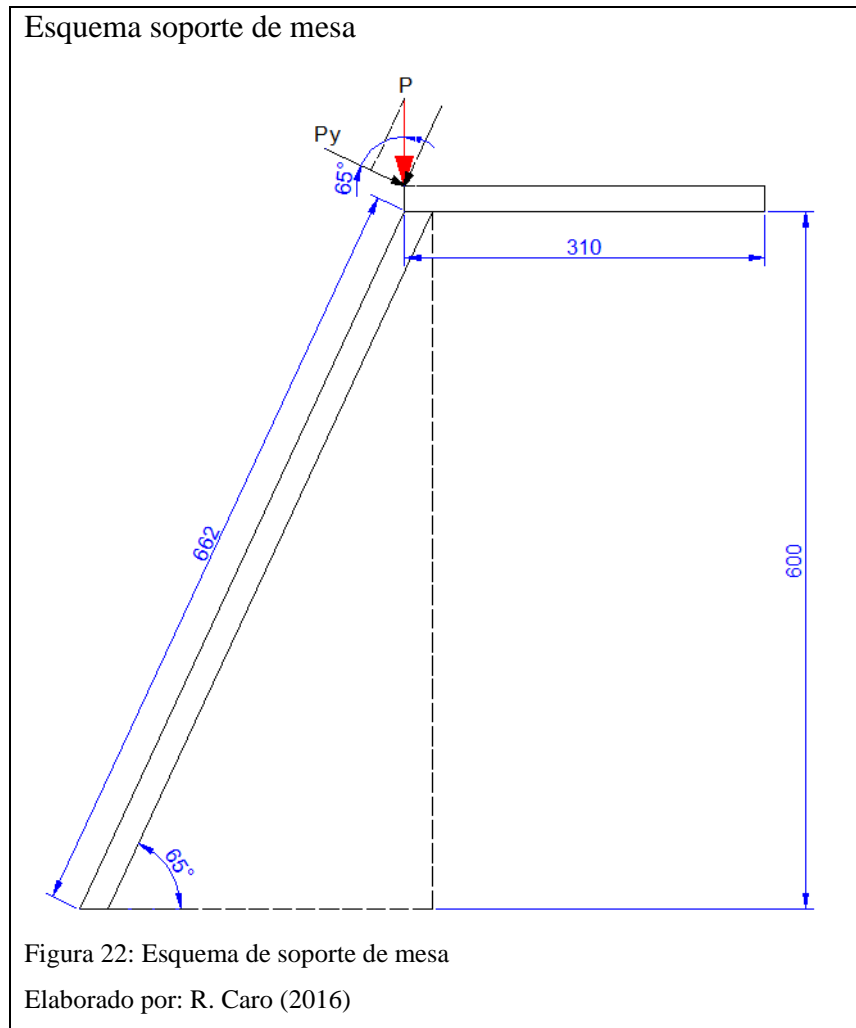
Donde:

$$P = 1577,8 \text{ N}$$

$$\cos 65^\circ = \frac{P_y}{P}$$

$$P = 1577,8 \text{ N} \times \cos 65^\circ$$

$$P = 666.8 \text{ N}$$



El momento generado por esta fuerza perpendicular en un extremo de la barra será expresado de la siguiente manera:

$$M = P \times d$$

$$M = 666.8 \text{ N} \times 0.662 \text{ m}$$

$$M = 441.43 \text{ Nm}$$

De la ecuación 9 se obtiene el siguiente módulo de sección:

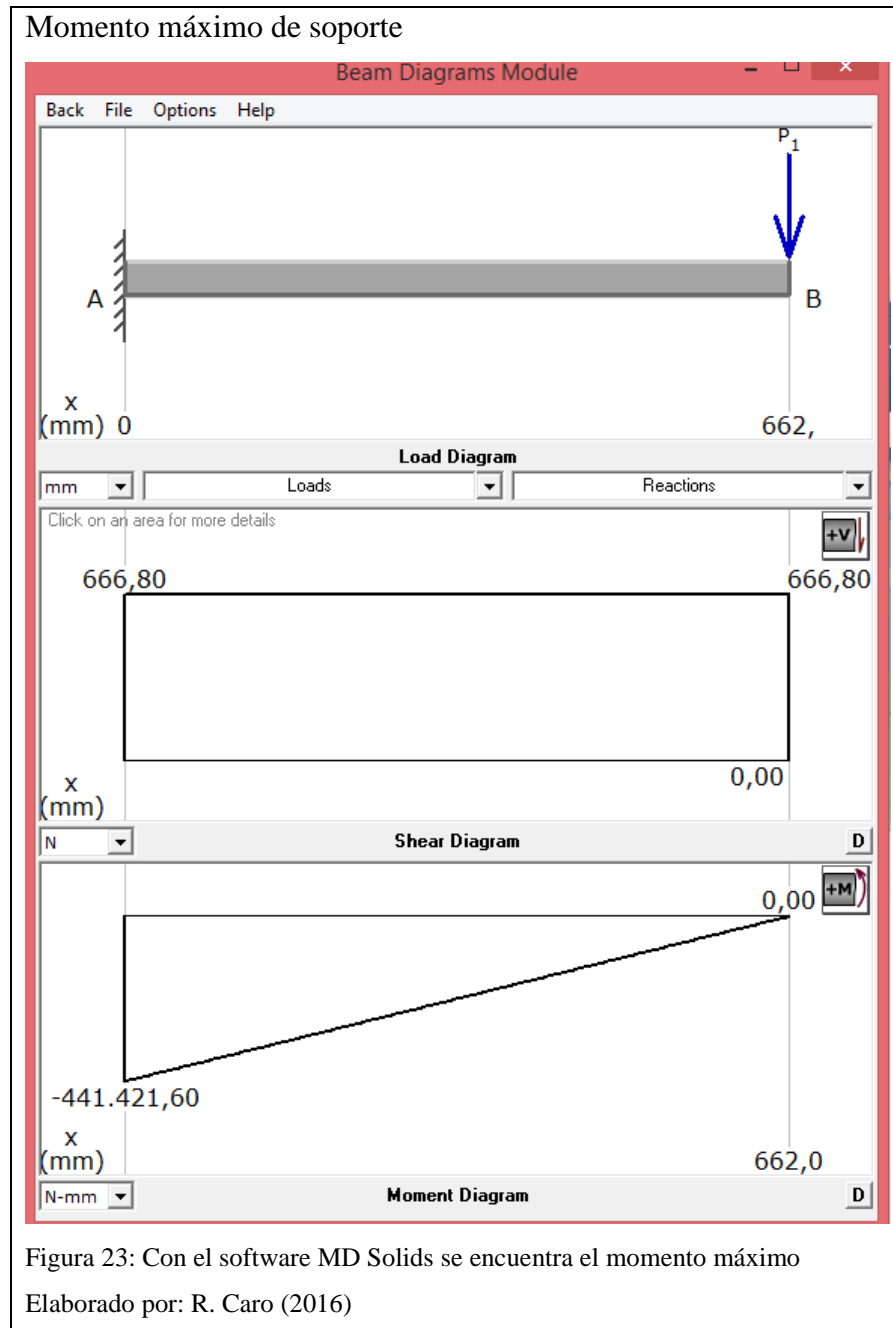
$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M}{S}$$

$$S = \frac{441.43 \text{ Nm}}{0.6(248 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})} \times \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$S = 2.96 \text{ cm}^3$$

Al ser 3 barras se divide este valor para 3 obteniendo  $S = 0.989 \text{ cm}^3$  de módulo de sección por lo tanto en el anexo IV se escogerá un tubo redondo mecánico de  $\varnothing = 1.5"$  y  $e = 0.95 \text{ mm}$ .

### 3.7.2.1 Simulación de barra de apoyo base



Se obtiene el momento máximo  $M = 441.21 \text{ Nm}$

Para comprobar el módulo de sección encontrado anteriormente, con el mismo software se aplican las medidas del perfil y se obtiene lo siguiente:

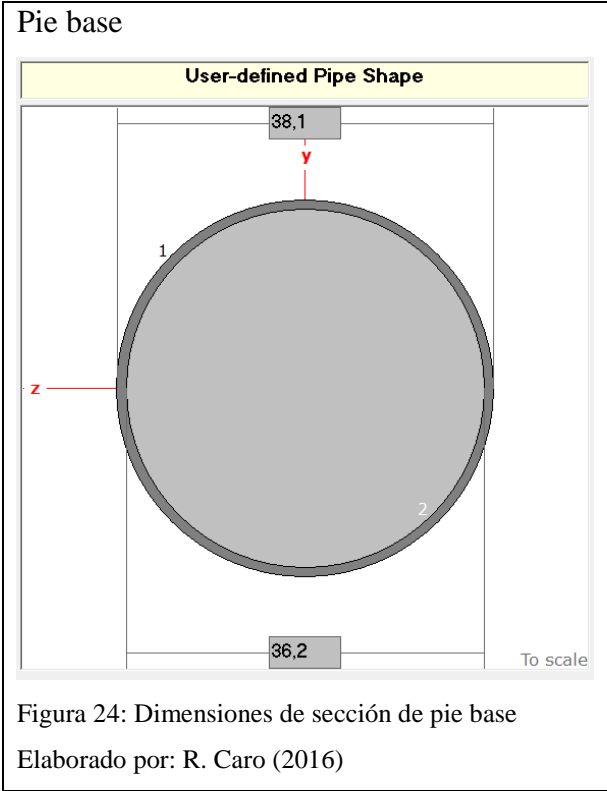


Tabla 24.

Propiedades de sección de pie base

Z Axis Properties			
Elastic Modulus	E	200,0000	GPa
From bottom to centroid	y (bot)	19,0500	mm
From centroid to top	y (top)	19,0500	mm
Area of shape	A	110,8747	mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia	Iz	19.140,0844	mm <sup>4</sup>
Section Modulus	Sz	1.004,7288	mm <sup>3</sup>
Section Modulus (bottom)	S (bot)	1.004,7288	mm <sup>3</sup>
Section Modulus (top)	S (top)	1.004,7288	mm <sup>3</sup>
Radius of Gyration	rz	13,1388	mm
Plastic Modulus	Zz	1.311,4022	mm <sup>3</sup>
Shape Factor		1,3052	
From bottom to plastic n.a.	yp (bot)	19,0500	mm
From plastic n.a. to top	yp (top)	19,0500	mm
Polar Moment of Inertia	J	38.280,1689	mm <sup>4</sup>
Product of Inertia	Iyz	0,0000	mm <sup>4</sup>
Maximum Moment of Inertia	I <sub>max</sub>	19.140,0844	mm <sup>4</sup>
Minimum Moment of Inertia	I <sub>min</sub>	19.140,0844	mm <sup>4</sup>
Angle from z axis to I <sub>max</sub> axis	B	0,0000	degrees
		Clockwise	

Nota: Propiedades ofrecidas por el software MD Solids

Elaborado por: R. Caro (2016)

El módulo de sección hallado es muy semejante al obtenido mediante cálculos por lo que queda satisfecho el ejercicio.

Con la ayuda del software Solid Edge se localiza los lugares donde se genera el esfuerzo máximo provocado por la carga 1577.8 N entre 3 barras.

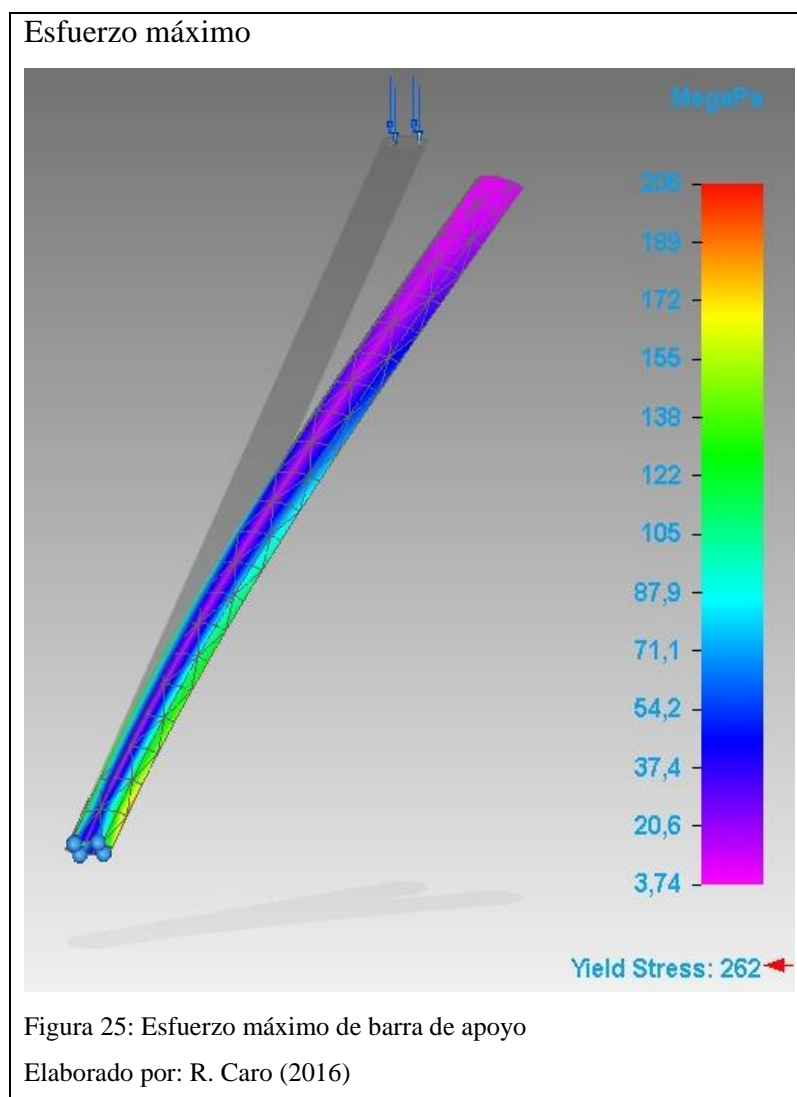


Tabla 25.

Resultado del componente: Esfuerzo

Grado	Valor	X	Y	Z
Mínimo	3,74 MPa	-6,939 mm	-286,986 mm	-182,836 mm
Máximo	206 MPa	0,000 mm	-510,903 mm	-742,704 mm

Elaborado por: R. Caro (2016)

Este valor aún está por debajo del límite de fluencia del material que en este caso es acero estructural, por lo tanto se considera también que la base soportará la carga de diseño sin inconvenientes.

Tabla 26.

Factor de seguridad barra de apoyo

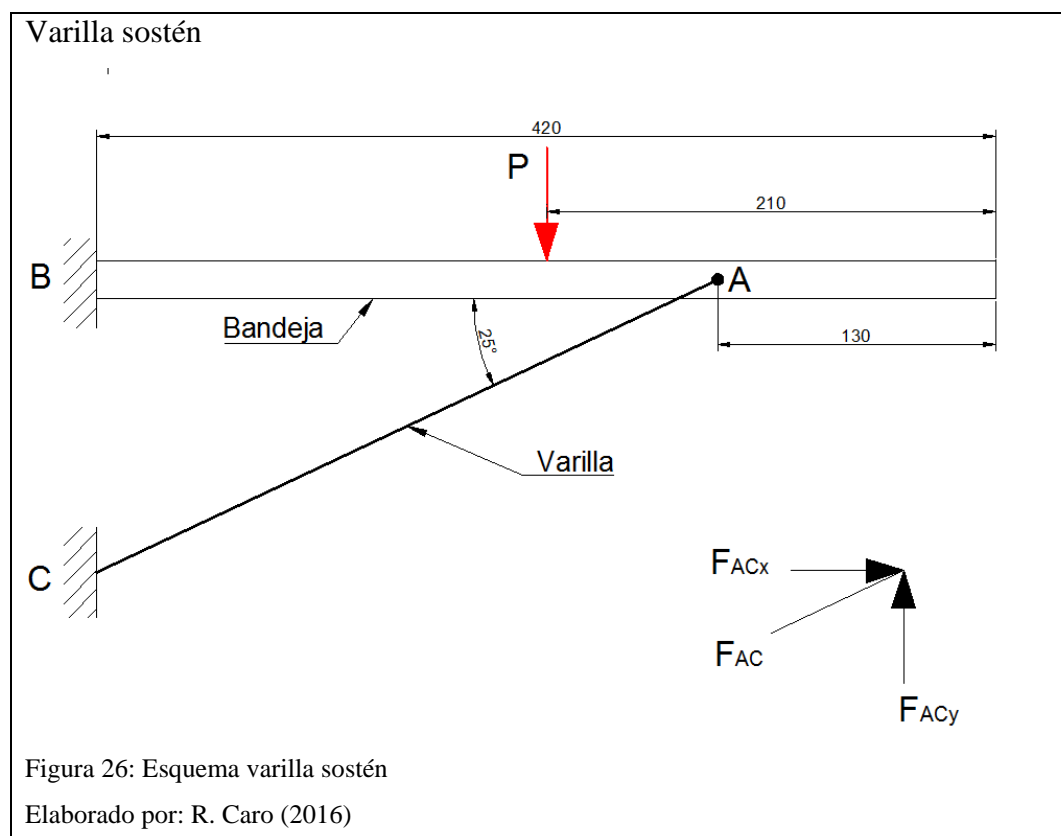
Grado	Valor	X	Y	Z
Mínimo	1,27	0,000 mm	-510,903 mm	-742,704 mm
Máximo	70	-6,939 mm	-286,986 mm	-182,836 mm

Elaborado por: R. Caro (2016)

El software genera un factor de seguridad para este elemento muy por lo alto como se pronosticaba debido a los valores y cargas que son demasiado pequeñas.

### 3.8 Cálculo de varilla sostén

La función de esta varilla es la de reforzar a las bandejas de clasificación ya que estas se encuentran en una saliente considerable y necesitan de un soporte extra para su funcionamiento.





Donde:

$$P = 1029 \text{ N} \quad (\text{Carga del producto} + \text{extra de seguridad})$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$1029 \text{ N} \times 0.210 \text{ m} - 0.290 \text{ m} \times F_{ACy} = 0$$

$$F_{ACy} = \text{sen } 25^\circ \times F_{AC}$$

$$F_{AC} = \frac{1029 \text{ N} \times 0.210 \text{ m}}{\text{sen } 25^\circ \times 0.290 \text{ m}}$$

$$F_{AC} = 1763.15 \text{ N}$$

Con este valor se encuentra la sección que será capaz de soportar dicha carga.

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \frac{S_y}{F_s} \quad (\text{Ecuación 14})$$

(Fuente: Budynas, Shigley, & Nisbett, 2008, p. 84)

Donde:

$P = \text{Carga de trabajo}$

$A = \text{Sección transversal de varilla}$

$F_s = \text{Factor de seguridad}$

$S_y = \text{Límite fluencia acero}$

$$\sigma = \frac{1763.15 \text{ N}}{A} \leq \frac{248 \text{ Mpa}}{2}$$

$$A = \frac{1763.15 \text{ N} \times 2}{248 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$A = 1.421 \times 10^{-5} \text{ m}^2 = \pi r^2$$

Se despeja el radio:

$$r = \sqrt{\frac{1.421 \times 10^{-5} \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$r = 2.13 \times 10^{-3} \text{ m} \times \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$r = 2.13 \text{ mm}$$

$$\emptyset = \mathbf{4.26 \text{ mm}}$$

Por lo tanto el diámetro mínimo a escoger para que la varilla soporte todas las cargas sin sufrir deformaciones será de 4.26 mm pero que en catálogo se elegirá de diámetro 8 mm (ver anexo 5).

## **Capítulo 4**

### **Presupuesto general**

En el presente capítulo servirá para mostrar los costos que intervienen en la construcción de este proyecto que fue obtenido mediante un estudio e investigación de los diferentes rubros que componen para que una máquina selectora de estas características sea una realidad.

A continuación se presentará una tabla donde se indicarán la descripción de cada elemento, material y costos de cada uno, se ha dividido la tabla en costos de materiales, insumos y mano de obra que son los principales que intervienen.

El costo de materiales es la materia prima adquirida tal cual viene de fábrica según las especificaciones que previamente se hizo en el capítulo de diseño y con las cantidades requeridas.

El costo de insumos es el rubro de aquellos elementos que se pueden encontrar en el mercado previamente al diseño y luego a selección de catálogos y que en general no requieren de una modificación extra.

Por último la mano de obra es aquella relacionada con la fabricación y modificación de la materia prima para obtener otro producto especial que no se puede encontrar fácilmente en el mercado y que está hecho a la medida. Para este caso se ha incluido en ciertos precios el costo de maquinaria ya está incluido.

#### **4.1 Costo de materiales, insumos y mano de obra**

Tabla 27.

Costo de materiales, insumos y mano de obra

Ítem	Descripción	Cant	Dimensiones	Unidad	Costo unitario USD	Costo Parcial USD
<b>1</b>	<b>Materiales</b>					
1.1	Plancha lisa ASTM A36	1	1960x920x1	mm	6.49	6.49
1.2	Plancha lisa ASTM A36	1	1660x180x2	mm	7.10	7.10
1.3	Platina ASTM A36	1	35x3x520	mm	0.20	0.20
1.4	Platina ASTM A36	1	25x4x3105	mm	3.24	3.24

1.5	Platina ASTM A36	1	25x3x165	mm	0.75	0.75
1.6	Platina ASTM A36	1	20x3x1660	mm	0.56	0.56
1.7	Platina ASTM A36	1	50x3x225	mm	0.18	0.18
1.8	Varilla lisa ASTM A36	1	Ø 8x4065	mm	0.75	10.98
1.9	Varilla lisa ASTM A36	1	Ø 5.5x525	mm	0.25	0.25
1.10	Varilla plana ASTM A36	3	115x12x4	mm	0.07	0.21
1.11	Tubo redondo ASTM A-513	3	Ø1 ½"x0.95	mm	1.02	3.06
1.12	Perfil Estructural Canal "U"	1	80x40x2x800	mm	21.75	21.75
1.13	Madera aglomerada	1	8x750x3230	mm	7.25	12.50
1.14	Ángulo "L" 20x2	1	1860	mm	5.96	1.85
1.15	Ángulo "L" 20x3	1	2520	mm	7.84	3.30
1.16	Plancha Laminada ASTM A36	1	35x1.5x200	mm	2.45	2.45
1.17	Aluminio 6061	4	45x40x25	mm	5.60	22.40
1.18	Aluminio 6061	4	22x16x30	mm	2.80	11.20
1.19	Aluminio 6061	4	48x42x70	mm	5.75	23.00
1.20	Acero A-36	4	Ø 35x40x75	mm	7.00	28.00
1.21	Duralón/grilón	1	Ø 20x350	mm	16.20	16.20
1.22	Cucharillas de grilón	12	-	u	6.25	75.00
1.23	Duralón/grilón	1	1.052	kg	8.13	97.56
1.24	Acero A36	2	Ø 11x30	mm	1.85	3.70
1.25	Acero A36	1	Ø 20x60	mm	2.32	2.32
<b>Sub total materiales:</b>						<b>351.93</b>
<b>2</b>	<b>Insumos</b>	<b>Material</b>				
2.1	Banda trapecial	1	Compuesto		20.00	20.00
2.2	Reductor de velocidad	1	Compuesto		190.00	190.00
2.3	Caucho 1	12	Caucho		2.00	24.00
2.4	Caucho 2	2	Caucho		8.00	16.00
2.5	Elementos de sujeción roscada	-	General		-	38.00
2.6	Estructura fija	1	Fundición gris		325.00	325.00
2.7	Estructura móvil	1	Fundición gris		325.00	325.00
2.8	Material y equipo soldadura	-	General		40.00	40.00
2.9	Motor eléctrico	1	General		125.00	125.00
2.10	Pintura sintética	-	Sintético		30.00	30.00
2.11	Polea	2	Aluminio		10.00	20.00
2.12	Porta varillas	1	Fundición gris		10.00	10.00
<b>Sub total insumos:</b>						<b>1153.00</b>
<b>3</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Descripción</b>		<b>Tiempo total (h)</b>	<b>Costo (USD/h)</b>	<b>Costo Parcial USD</b>

3.1	Ayudante	Trabajos varios	10	3.26	32.60
3.2	Dibujante	Diseño de elementos	42	3.48	156.16
3.3	Fresador	Maquinado de piezas	5	12.00	60.00
3.4	Pintor	Pintado de máquina	2	3.30	6.60
3.5	Soldador	Unión de piezas soldables	8	30	240.00
3.6	Tornero	Maquinado de piezas	3	16	48.00
<b>Sub total mecánica:</b>					<b>543.36</b>
<b>Total:</b>					<b>2048.29</b>

Elaborado por: R. Caro (2016)

## 4.2 Costo final del proyecto

Una vez obtenido el costo de este proyecto, se debe incluir otros rubros que merecen ser incluidos para que el valor de la máquina selectora de estas características sea más real.

Tabla 28.

Costo final

<b>Descripción</b>	<b>Valor USD</b>
Costo total de fabricación	2048.29
12% IVA	245.79
30% Utilidad	614.487
<b>TOTAL:</b>	<b>2908.60</b>

Nota: Presupuesto y precios elaborados con 12% de IVA

Elaborado por: R. Caro (2016)

En conclusión se puede notar que una máquina selectora de huevos de baja producción puede hacerse realidad a un precio alrededor de los tres mil dólares americanos, usando mano de obra ecuatoriana y con materiales e insumos encontrados en casi su totalidad dentro del país y que está muy por debajo del precio de estas máquinas en el extranjero.

## Conclusiones

- Al concluir el proyecto se pudo determinar que gracias al diseño se cumplirá el objetivo principal que la máquina seleccione una capacidad mínima de 1500 unidades por hora.
- El programa que se utilizó para la simulación fue una herramienta muy importante ya que ayudó para la comprobación de los cálculos de todos los elementos de la máquina a diseñar.
- Con el estudio del huevo se pudo concluir que el tamaño de este es directamente proporcional a su peso, siempre y cuando la edad de las aves de postura sean similares ya que si difieren las propiedades de la cáscara, albúmen y yema en cada ciclo de postura.
- En el diseño de alternativas se concluyó que el sistema lineal y el rotativo tienen el mismo principio de funcionamiento de guías y pesaje del ovoproducto con la diferencia que el lineal es un procedimiento más lento por lo cual se elige la mejor opción para el proyecto.
- Los resultados de los cálculos obtenidos arrojan espesores y medidas muy bajas ya que el peso del huevo que fue la base del cálculo es muy pequeño, debido a esto las piezas y elementos elegidos en el diseño de la máquina están con un alto factor de seguridad.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda hacer el diseño de las bandejas de selección con la norma INEN 1973 ya que esta indica los pesos límites para la diferenciación de los tamaños pequeño, grande, extra grande, gigante, etc.
- En Ecuador no existen estas máquinas en el sector avícola de mediana y pequeña producción por lo que se recomienda la construcción para el mejoramiento y tecnificación de la pequeña industria avícola.
- Con los avances tecnológicos en la construcción, se recomienda al momento de llevar a cabo el proyecto verificar y buscar nuevos materiales para la construcción y así bajar considerablemente los costos.
- Se recomienda al constructor de esta máquina implementar un sistema de alimentación como bandas transportadoras y un procedimiento de selección de huevo imperfecto ya sea por fisuras o roturas mediante luz fluorescente.

## Referencias

- Budynas, R. G., Shigley, J. E., & Nisbett, K. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: McGraw-Gill.
- CONAVE. (2015). Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador. Obtenido de <http://www.conave.org>
- Contraloría General del Estado Ecuador. (2016). Contraloría General del Estado Ecuador. Obtenido de: [www.contraloria.gob.ec/informativo.asp?id\\_SubSeccion=33](http://www.contraloria.gob.ec/informativo.asp?id_SubSeccion=33)
- DIPAC Productos de Acero Manta, (2014), Catálogo completo Dipac. Obtenido el 15 de Diciembre de 2014 de: <http://www.dipacmanta.com/inicio.php>
- Haugh, R. R. (1937). The Haugh unit for measuring egg. U.S. Egg Poultry Magazine.
- INEN. (2013). Ecuador, NTE INEN 1973.
- INEN. (2014). Ecuador, RTE-022-1R.
- Inoxidable. (2016). Obtenido el 15 de Enero de 2016 de <http://www.inoxidable.com/propiedades1.htm>
- Instituto de Estudios del Huevo. (2002). Lecciones sobre el huevo. España.
- Lajusticia, A. B. (2002). Formación del huevo. España: Torreangulo Arte Gráfico.
- Larburu, N. (1997). Máquinas prontuario. España: Paraninfo.
- LENTAX. (2015). LENTAX. Obtenido el 28 de Nov de 2015 de [www.lentax.com](http://www.lentax.com)
- Mandado, E., Marcos, J., & Pérez, S. (2006). Controladores lógicos y autómatas programables. España: Marcombo.
- Marks, L. S. (1996). Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers. U.S.A.: McGraw-Hill.
- Moba. (2013). Moba. Obtenido el 18 de Diciembre de 2015 de <http://www.moba.net/page/es/Downloads>
- Mott, R. L. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. México: Pearson Educación.
- Porras, A., & Montanero, A. (1990). Autómatas Programables, Fundamento, Manejo, Instalación y Prácticas. México: McGraw Hill.
- Pytel, A., & Singer, F. (2008). Resistencia de materiales. México: Alfaomega Grupo Editor.
- ROYO INNOVA S.L. (2015). ROYO INNOVA S.L. Obtenido el 17 de Diciembre de 2015 de <http://www.royoinnova.com/es/wp-content/uploads/ROYOINNOVA-RYM20-Ficha-T%C3%A9cnica.pdf>



- Sauveur, B., & Picard, M. (1987). Environmental effects on egg quality. U.S.A.
- Siemens. (2016). Siemens. Obtenido el 12 de Enero de 2016 de <http://industria.siemens.com.mx/Motores/Docs/Motores%20NNM.pdf>
- Silva, R., Ramos, D., Lucas, J., & Lázaro, C. (2011). Determinación de unidades Haugh y pH en huevos almacenados a temperatura ambiente y de refrigeración en Lima-Perú. *Revista Higiene Alimentar*, 385-386.
- SKF. (2012). SKF. Obtenido el 12 de Enero de 2016 de [www.skf.com](http://www.skf.com)
- Standardization, I. O. (1989). U.S.A, Patente n° 4184.
- Velazco Cáceres, D. F., & Pinto Salamanca, M. L. (2012). *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación*. Obtenido el 11 de Septiembre de 2015 de [http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/investigacion\\_uitama/article/view/2136/2090](http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/investigacion_uitama/article/view/2136/2090)
- Yemita. (2015). Yemita. Obtenido el 11 de Noviembre de 2015 de <http://www.clasificadoradehuevos.com>

## Anexos

### Anexo 1

#### Reductor de velocidad

Potencia Entrada kW	HP	Velocidad Entrada aprox. (RPM)	Velocidad Salida aprox. (RPM)	Relación  (i)	MODELO	Factor de Seguridad  (fz)	Momento Útil (Nm)		
.07	0.10	1380	0.9	1578.57	C3TR	0.10	2.00	770	
			1.1	1239.35	C3TR	0.10	2.55	605	
			1.4	1007.26	C3TR	0.10	3.15	491	
			1.6	838.46	C3TR	0.10	3.80	409	
			1.4	998.97	C2FR	0.10	2.00	487	
			1.8	778.76	C2FR	0.10	2.55	380	
			2.2	628.09	C2FR	0.10	3.15	306	
			2.7	518.51	C2FR	0.10	3.80	253	
			1.2	1167.81	C1FR	0.10	1.00	570	
			1.5	910.38	C1FR	0.10	1.30	444	
			1.9	734.24	C1FR	0.10	1.60	358	
			2.1	671.37	C1FR	0.10	1.75	328	
			2.3	606.14	C1FR	0.10	1.95	296	
			2.6	523.38	C1FR	0.10	2.25	255	
			3.3	422.12	C1FR	0.10	2.80	206	
			3.7	370.60	C1FR	0.10	3.20	181	
			4.0	348.47	C1FR	0.10	3.40	170	
		650	3.2	205.16	C1T3	0.10 /8	2.95	216	
			3.5	186.95	C1T3	0.10 /8	3.10	197	
			4.0	162.50	C1T3	0.10 /8	3.75	171	
			4.4	148.08	C1T3	0.10 /8	4.00	156	
		910	4.4	205.16	C1T3	0.10 /6	3.95	154	
		1380	1.7	805.19	C0FR	0.10	1.00	393	
			2.3	605.72	C0FR	0.10	1.30	295	
			2.6	536.10	C0FR	0.10	1.50	262	
			2.9	472.19	C0FR	0.10	1.70	230	
			3.6	380.83	C0FR	0.10	2.10	186	
			4.4	314.39	C0FR	0.10	2.50	153	
			5.2	263.90	C0FR	0.10	3.00	129	
			6.2	224.22	C0FR	0.10	3.55	109	
			650	3.6	181.45	C0T3	0.10 /8	2.15	191
				3.9	168.13	C0T3	0.10 /8	2.40	177
		4.6		141.90	C0T3	0.10 /8	2.75	149	
		4.9		131.48	C0T3	0.10 /8	3.05	138	
		5.7		114.84	C0T3	0.10 /8	3.40	121	
		6.1		106.41	C0T3	0.10 /8	3.75	112	
		6.3		102.64	C0T3	0.10 /8	3.85	108	
		910	5.0	181.45	C0T3	0.10 /6	2.85	136	
			5.4	168.13	C0T3	0.10 /6	3.20	126	
			6.4	141.90	C0T3	0.10 /6	3.65	107	
		1380	3.9	351.21	C00FR	0.10	1.00	171	
			4.3	320.06	C00FR	0.10	1.10	156	
			4.6	301.09	C00FR	0.10	1.20	147	
			5.1	268.65	C00FR	0.10	1.35	131	
			6.0	228.26	C00FR	0.10	1.55	111	
			7.1	195.69	C00FR	0.10	1.80	95	
650	3.9	166.68	C00T3	0.10 /8	1.15	175			
	4.2	153.76	C00T3	0.10 /8	1.25	162			
	4.3	151.52	C00T3	0.10 /8	1.30	159			
	4.7	139.78	C00T3	0.10 /8	1.45	147			
	5.5	117.43	C00T3	0.10 /8	1.60	124			
	6.0	108.33	C00T3	0.10 /8	1.75	114			
	6.7	96.95	C00T3	0.10 /8	1.95	102			
	6.9	94.10	C00T3	0.10 /8	2.05	99			
	7.4	88.14	C00T3	0.10 /8	2.15	93			
	8.0	81.30	C00T3	0.10 /8	2.35	86			
910	5.5	166.68	C00T3	0.10 /6	1.55	125			
	5.9	153.76	C00T3	0.10 /6	1.65	116			
	6.0	151.52	C00T3	0.10 /6	1.75	114			
	6.5	139.78	C00T3	0.10 /6	1.95	105			
	7.7	117.43	C00T3	0.10 /6	2.15	88			
1380	8.3	166.68	C00T3	0.10	2.30	83			
	9.0	153.76	C00T3	0.10	2.50	76			
	9.1	151.52	C00T3	0.10	2.60	75			
	9.9	139.78	C00T3	0.10	2.90	69			
	11.8	117.43	C00T3	0.10	3.20	58			
	12.7	108.33	C00T3	0.10	3.50	54			
	14.2	96.95	C00T3	0.10	3.90	48			
	14.7	94.10	C00T3	0.10	4.10	47			
	15.7	88.14	C00T3	0.10	4.30	44			
	17.0	81.30	C00T3	0.10	4.70	40			
	19.4	71.16	C00T3	0.10	5.40	35			
	22.0	63.01	C00T3	0.10	6.20	31			
	25.0	54.74	C00T3	0.10	7.10	27			
	27.0	50.49	C00T3	0.10	8.10	25			
	31.0	44.87	C00T3	0.10	8.80	22			
0.07	0.10	33.0	41.39	C00T3	0.10	9.70	21		

Fuente: Lentaz (2015, p. 16)

## Anexo 2

### Motores monofásicos

#### Motores monofásicos armazón 56 tipo 1RF3

Tabla de selección  
Motores monofásicos jaula de ardilla a prueba de goteo;  
aislamiento clase B

Potencia CP	Tipo	Catálogo Spiridon	Velocidad nominal r.p.m.	Tensión nominal Volt	Corriente nominal A	Factor de servicio	Corriente a F.S. A	Peso neto kg	Long. L mm
<b>Arranque por capacitor, base rígida, con balero (uso general)</b>									
0.25	1RF30522YC41	A7B10000009460	3540/5230	127/220	7.6/3.0	2.0	8.3/3.9	8.3	254
0.33	1RF30532YC41	A7B10000009461	3535/3515	127/220	8.5/3.5	2.0	9.7/4.5	8.4	254
0.50	1RF30542YC41	A7B10000009462	3535/3515	127/220	9.9/4.1	1.8	12.4/6.2	9.7	271
0.75	1RF30552YC41	A7B10000009463	3530/3500	127/220	12.4/5.3	1.6	14.6/7.1	10.5	271
1.0	1RF30562YC41	A7B10000009464	3535/3510	127/220	15.5/6.6	1.6	18.6/9.4	11.9	291
1.5	1RF30572YC41	1RF30572YC41	3505/3470	127/220	18.5/9.4	1.2	20.4/10.2	12.8	291
2	1RF30582YC41	1RF30582YC41	3480/3460	127/220	21.6/11.0	1.15	24/12	15.5	313
<b>Arranque por capacitor, base rígida, con balero, brida "C" y flecha roscada (bomba)</b>									
0.25	1RF32522YC34	1RF32522YC34	3540	127**	4.5	1.8	5.4	6.7	258
0.33	1RF32532YC34	1RF32532YC34	3530	127**	5.7	1.7	6.6	7.5	270
0.50	1RF32542YC34	1RF32542YC34	3540	127**	7.5	1.6	9.0	8.5	270
0.75	1RF32552YC44	1RF32552YC44	3550/3530	127/220	11.6/5.0	1.6	13.5/7.0	10.3	287
1.0	1RF32562YC44	1RF32562YC44	3535/3515	127/220	12.3/6.0	1.4	14.5/7.5	11.2	311
1.5	1RF32572YC44	1RF32572YC44	3520/3500	127/220	16.6/8.4	1.2	18.2/9.7	13.2	311
2	1RF32582YC44	1RF32582YC44	3480/3460	127/220	21.6/11.0	1.15	24/12	15.5	320
<b>Arranque por capacitor, sin base, con balero, brida "C" y flecha roscada (bomba)</b>									
0.25	1RF32522YC33	*	3540	127**	4.5	1.8	5.4	6.3	258
0.33	1RF32532YC33	*	3530	127**	5.7	1.7	6.6	7.1	270
0.50	1RF32542YC33	*	3540	127**	7.5	1.6	9.0	8.1	270
0.75	1RF32552YC43	*	3550/3530	127/220	11.6/5.0	1.6	13.5/7.0	9.9	287
1.0	1RF32562YC43	*	3535/3515	127/220	12.3/6.0	1.4	14.5/7.5	10.8	311
1.5	1RF32572YC43	*	3520/3500	127/220	16.6/8.4	1.2	18.2/9.7	12.8	311
2	1RF32582YC43	*	3480/3460	127/220	21.6/11.0	1.15	24/12	15.1	320

Tabla de selección  
Motores monofásicos jaula de ardilla a prueba de goteo;  
aislamiento clase B; 4 polos

Potencia CP	Tipo	Catálogo Spiridon	Velocidad nominal r.p.m.	Tensión nominal Volt	Corriente nominal A	Factor de servicio	Corriente a F.S. A	Peso neto kg	Long. L mm
<b>Arranque por capacitor, base rígida, con balero</b>									
0.25	1RF30524YC31	A7B10000005060	1760	127*	5.4	1.6	6.0	7.4	254
0.33	1RF30534YC31	A7B10000005071	1755	127*	6.6	1.5	7.4	8.6	271
0.50	1RF30544YC31	A7B10000005072	1745	127*	9.5	1.3	10.0	9.2	271
0.75	1RF30554YC41	A7B10000009468	1735/1720	127/220	12.7/5.8	1.25	14.0/7.0	12.6	291
1.0	1RF30564YC41	A7B10000009469	1745/1720	127/220	16/7.4	1.15	16.9/8.2	15.4	313
1.5(1)	1RF30574YB41	1RF30574YB41	1740/1720	127/220	13.8/7.2	1.15	15.2/8.3	14.3	313
2(1)	1RF30584YB41	1RF30584YB41	1730/1710	127/220	18.2/9.6	1.0	---	15.4	313

1) Motor con capacitores de arranque y de trabajo  
\* Sobre pedido  
\*\* Para doble voltaje, en estas capacidades, sobre pedido  
Datos sujetos a cambio sin previo aviso

Fuente: Siemens (2016, p. 42)

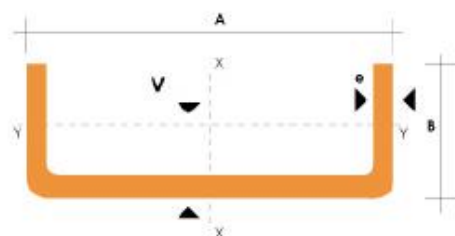
## Anexo 3

### Perfiles estructurales canales "U"

## PERFILES ESTRUCTURALES CANALES "U"

### Especificaciones Generales

Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.50mm hasta 12.00mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES		PESOS				TIPOS							
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X				EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I	x	
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79	
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72	
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77	
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85	
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89	
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95	
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09	
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14	
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19	
80	40	5	34.44	5.74	7.18	65.49	16.37	3.02	10.62	3.83	1.21	1.23	
80	40	6	40.44	6.74	8.42	74.18	18.54	2.96	12.10	4.44	1.19	1.28	
100	50	2	18.24	3.04	3.87	61.50	12.30	3.99	9.72	2.66	1.58	1.34	
100	50	3	26.88	4.48	5.70	88.50	17.70	3.94	14.10	3.89	1.57	1.39	
100	50	4	35.22	5.87	7.47	113.00	22.60	3.89	18.10	5.07	1.56	1.44	
100	50	5	43.20	7.20	9.18	135.00	27.10	3.84	21.80	6.19	1.53	1.48	
100	50	6	51.96	8.66	10.82	155.26	31.05	3.79	25.14	7.24	1.52	1.53	
100	60	4	38.28	6.38	8.13	128.00	25.60	3.97	29.70	7.17	1.91	1.86	
100	60	5	46.86	7.81	9.95	152.00	30.50	3.91	35.70	8.76	1.90	1.92	
100	60	6	57.72	9.62	12.02	181.80	36.36	3.89	42.25	10.38	1.87	1.93	
100	60	8	74.40	12.40	15.50	22.60	44.52	3.78	52.47	13.32	1.83	2.06	
125	50	2	20.58	3.43	4.37	103.60	16.50	4.86	10.40	2.74	1.54	1.20	
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24	
125	50	4	39.90	6.65	8.47	192.00	30.70	4.76	19.40	5.24	1.51	1.29	
125	50	5	49.14	8.19	10.40	231.00	37.00	4.71	23.40	6.40	1.50	1.34	
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38	
125	60	5	53.82	8.97	11.43	266.98	42.71	4.83	39.36	9.15	1.86	1.70	
125	60	6	64.92	10.82	13.52	309.25	49.48	4.78	45.85	10.78	1.84	1.75	
125	60	8	84.00	14.00	17.50	383.34	61.33	4.68	57.30	13.94	1.80	1.81	
125	80	6	76.44	12.74	15.92	394.28	63.08	4.97	102.94	19.10	2.54	2.61	
125	80	8	99.30	16.55	20.69	493.02	78.88	4.88	130.27	24.30	2.50	2.64	
125	80	10	120.96	20.16	25.21	576.62	92.25	4.78	154.19	29.31	2.47	2.74	
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09	
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13	
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17	
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22	
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26	
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.56	
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60	
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74	
150	80	6	83.64	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43	
150	80	8	108.90	18.15	22.69	760.23	101.36	5.78	139.53	25.09	2.47	2.44	
150	80	10	132.96	22.16	27.71	896.29	119.50	5.68	165.85	30.37	2.44	2.54	

Fuente: DIPAC Manta S.A (2014, p. 2)



## Anexo 4

### Tubo mecánico redondo

DIAMETRO EXTERIOR (D)		ESPESOR		PESO		PROPIEDADES	
		e	P	A	I	W	i
Pulg	mm	mm	kg/6m	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
1/2	12.70	0.60	1.14	0.23	0.04	0.07	0.43
		0.75	1.44	0.28	0.05	0.08	0.42
		0.95	1.86	0.35	0.06	0.09	0.41
		1.10	2.10	0.40	0.07	0.11	0.41
		1.50	2.82	0.53	0.08	0.13	0.39
5/8	15.88	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.70
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

## TUBO MECANICO REDONDO

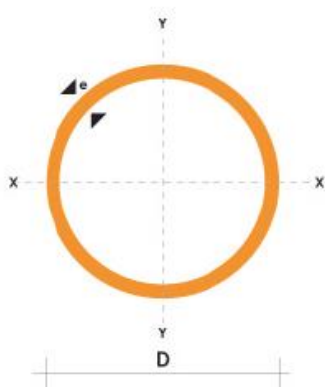
### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A 513
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo Normal</b>	6.00m
<b>Otros largos dimensiones</b>	Previa consulta
<b>Desde 1/2" hasta 2-1/2"</b>	
<b>Espesor</b>	Desde 0.60mm hasta 1.50mm



### NOMENCLATURA

<b>A=</b>	Area de la selección transversal del tubo, cm <sup>2</sup>
<b>I=</b>	Momento de inercia de la sección, cm <sup>4</sup>
<b>W=</b>	Módulo resistente de la sección, cm <sup>3</sup>
<b>i=</b>	Radio de giro de la sección cm



Fuente: DIPAC Manta S.A (2014, p. 43)

## Anexo 5

### Perfiles laminados-Varilla redonda lisa

## Especificaciones Generales

### PERFILES LAMINADOS

<b>Calidad</b>	ASTM A36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta

### VARILLA CUADRADA LISA

DENOMINACION	LADO	PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm2
VCU 5/16	8.0	0.57	3.41	0.72
VCU 3/8	9.0	0.64	3.83	0.81
VCU 1/2	11.0	0.95	5.70	1.21
VCU 5/8	15.0	1.77	10.60	2.25
VCU 3/4	18.0	2.54	15.26	3.24
VCU 24,5	24.5	4.72	28.30	6.00

### VARILLA REDONDA LISA

DENOMINACION	DIAMETRO	PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm2
VRL 5,5	5,5	0.34	2.04	0.43
VRL 8	8.0	0.50	2.96	0.63
VRL 10	10.0	0.62	3.70	0.79
VRL 12	12.0	0.89	5.33	1.13
VRL 15	15.0	1.39	8.32	1.77
VRL 18	18.0	2.00	11.98	2.55
VRL 22	22.0	2.98	17.90	3.80
VRL 24,5	24.0	3.70	22.20	4.71

Fuente: DIPAC Manta S.A (2014, p. 17)

## Anexo 6

### Salarios mínimos por ley

CONTRALORIA GENERAL DEL ESTADO									
DIRECCIÓN DE AUDITORIA DE PROYECTOS Y AMBIENTAL					ENERO A -----> DE 2 016				
REAJUSTE DE PRECIOS					(SALARIOS EN DÓLARES)				
SALARIOS MINIMOS POR LEY									
CATEGORIAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DECIMO TERCER	DECIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
REMUNERACION BASICA UNIFICADA MINIMA	366,00								
CONSTRUCCION Y SERVICIOS TECNICOS Y ARQUITECTONICOS									
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2</b>									
Peon	376,07	376,07	366,00		548,31	376,07	6 179,29	26,07	3,26
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2</b>									
Albani	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Operador de equipo liviano	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Pintor	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Pintor de exteriores	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Pintor empapelador	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Fierro	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Carpintero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Encofrador	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Carpintero de ribera	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Plomero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Electricista	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Instalador de revestimiento en general	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Ayudante de perforador	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Cadenero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Mampostero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Enlucidor	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Hojalatero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Técnico liniero electrico	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Técnico en montaje de subestaciones	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Técnico electromecánico de construcción	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Obrero especializado en la elaboración de prefabricados de hormigon	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Parqueteros y colocadores de pisos	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1</b>									
Maestro electrico/liniero/subestación	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2</b>									
Operador de planta de hormigon	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Perforador	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Perfilero	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Técnico albañileria	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Técnico obras civiles	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2</b>									
Plomero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL B3</b>									
Inspector de obra	425,48	425,48	366,00		620,35	425,48	6 943,07	29,30	3,66
Supervisor electrico / sanitario general	425,48	425,48	366,00		620,35	425,48	6 943,07	29,30	3,66
<b>ESTRUCTURA OCUPACIONAL B1</b>									
Ingeniero Electrico / Sanitario	426,58	426,58	366,00		621,95	426,58	6 960,07	29,37	3,67
Residente de Obra	426,58	426,58	366,00		621,95	426,58	6 960,07	29,37	3,67
<b>LABORATORIO</b>									
Laboratorista 2: experiencia mayor de 7 años(Estr. Oc. C1)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
<b>TOPOGRAFIA</b>									
Topógrafo 2: título exper. mayor a 5 años(Estr.Oc.C1)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
<b>DIBUJANTES</b>									
Dibujante (Estr.Oc.C2)	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48

Fuente: Contraloría General del Estado (2016, p. 1)

## Anexo 7

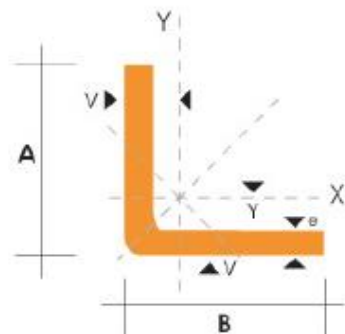
### Ángulos “L” doblado

#### PERFILES ESTRUCTURALES

#### ÁNGULOS “L” DOBLADO

#### Especificaciones Generales

Norma	INEN 1 623:2000
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.0m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1,5mm hasta 12,0mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			EJE X-X = EJE Y-Y					
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	i	W	i	X=Y	EJE U-U	EJE V-V
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58	1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.86	1.33	1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.88	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88	2.36	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25	2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.76	8.57	2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05	2.30	1.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.36	68.89	13.38	2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72	2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28	2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80	2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67	2.46	2.37	3.16	1.46
80	80	10	68.94	11.49	14.36	84.94	15.36	2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87	2.40	2.57	3.10	1.38

Fuente: DIPAC Manta S.A (2014, p. 6)